

HÖYRYKEITTIÖN LOGIIKKASUUNNITTELU

Heidi Nordlund

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2014

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Nordlund, Heidi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 03.06.2014
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi HÖYRYKEITTIÖN LOGIIKKASUUNNITTELU		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Häkkinen, Veli-Matti; Ström, Markku		
Toimeksiantaja(t) Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Metsä Wood Suolahden vaneritehtaille. Työn kohteeksi määriteltiin havuvaneritehtaan vanha höyrykeittiö, jonka ohjaus tullaan muuttamaan yksikkösäätimiltä logiikkaohjaukselle. Tavoitteeksi asetettiin datakeruu nykyisiltä säätimiltä, logiikkasuunnittelu ja ao. logiikan kaapin lay-out – suunnittelu. Logiikkana käytettiin toimeksiantajan suosimaa Omronia ja sen CJ1M – tuoteperhettä, josta tutkittiin soveltuvia kortteja höyryprosessin vaatimuksiin. Lisäksi huomioitiin Ethernet – väylätekniikan toteuttaminen tiedonsiirrossa ja – käsittelyssä sekä logiikan robustisuus. Kaapin lay-out – suunnittelussa huomioitiin mm. logiikan ja sen korttien jännitteenjaot, kaapelireittisuunnittelut, signaalien kulkemiset sekä muut hyvän suunnittelun mukaiset perusteet.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kartoittamalla höyrykeittiön laitteistot ja anturoinnit, jonka jälkeen selvitettiin niiden käyttämät signaaliviestit ja mahdolliset vaadittavat jännitesyötöt. Tämän jälkeen laskettiin vaadittavat I/O-määrät kaapelointien ja dokumentointien perusteella. Vaihetta helpotettiin luomalla riviliittimien johdotuskaaviot. Tämän jälkeen perehdyttiin Omronin tuotteisiin ja valittiin prosessiin soveltuvat komponentit. Automaatti-/käsiohjauspiiriin muuttuessa tämä muutos huomioitiin niin ohjausvirtapiirikaaviossa kuin logiikka- ja lay-out – suunnittelussa. Viimeiseksi luotiin lay-out – piirustus.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksina saatiin AutoCAD – suunnitteluohjelmistolla lay-out – piirustus, johon lueteltiin kaapin sisältämät komponentit. Lisäksi luotiin riviliitinkaavio, josta ilmenee kaapelointien tulojen ja lähtöjen johdotukset logiikan kortteille ja ohjausvirtapiirien releille. Viimeiseksi tehtiin esimerkinomaisesti ohjausvirtapiirikaavioon vaadittava muutos.</p> <p>Työn raskaimmiksi osiksi havaittiin robustisuuden toteuttaminen, dokumentointien puute ja jo komponenttien datalehtien etsiminen. Kuitenkin voidaan todeta, että työn tuloksia voidaan soveltaa sellaisinaan ja asetetut tavoitteet on saavutettu.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Omron, CJ1M, Metsä Wood, logiikka, robustisuus, lay-out		
Muut tiedot		



Author(s) Nordlund, Heidi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 03062014
	Pages 54	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title PLANNING OF LOGIC CONTROL FOR STEAM PROCESS		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) Häkkinen, Veli-Matti; Ström, Markku		
Assigned by Metsä Wood Suolahti plywood mills		
<p>Abstract</p> <p>The thesis was assigned by Metsä Wood Suolahti plywood mills. The goal of the thesis was to upgrade an old steam-reducing process, the controlling of which is to be switched from unit controls to a logic control. The purpose of the thesis was to plan this logic and its cabin including the contents and also gathering the process data from the unit controllers. The chosen logic used was Omron and its CJ1M product family, where suitable cards for the requirements of the steam process were chosen. Additionally, the implementation of the Ethernet field bus was taken into account for information transfer, handling and the robustness of the logic. In the design of the cabin lay-out the logic and the cards' voltage slicing, cable and signal route planning and other basics of the good design were considered.</p> <p>The thesis was implemented firstly by checking the process' equipment, measurements and their output signals and possibly needed current supplies. The number of I/Os was counted by documents and wiring diaphragms. This phase was helped by creating a connection stripping diaphragm. After this the introduction to Omron's products was placed in. Automatic/hand control circuit needed to be changed because of the logic control which was needed to be noticed in logic and lay-out planning. Finally, the lay-out drawing was made.</p> <p>As a result, the lay-out drawing was completed using AutoCAD –planning programme including the cabin's contents. Also, the connection stripping diaphragm was drawn. Last, the control circuit diaphragm's change was drawn as an example.</p> <p>The arduous part of thesis can be said to have been the planning of the logic's reliability, the lack of documents and even the datasheets of the old parts. Nevertheless, it can be said that the results of the thesis can be used as it stands and the aim was achieved.</p>		
Keywords Omron, CJ1M, Metsä Wood, logic, reliability, lay-out		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Yritysesittely	7
2.1	Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat	7
2.2	Metsä Group	8
2.3	Tuotteet	9
3	Höyrykeittiö	10
3.1	Toiminta	10
3.2	Anturoinnit	11
3.2.1	Lämpötilan mittaus	11
3.2.2	Painelähetin	13
3.2.3	Pinnankorkeus	15
3.3	Venttiilipaketit	16
3.3.1	Venttiilit	17
3.3.2	Toimilaitteet	20
3.3.3	Sähkö-pneumaattiset asennoittimet	22
3.4	Pumput	23
3.4.1	Yleinen toimintaperiaate	23
3.4.2	Ajo	23
4	Prosessin ohjaus	25
5	Ethernet – väylätekniikka	27
6	Omron CJ1M	29
6.1	Ohjelmoitavat logiikat	30
6.1.1	Perusteet	30

6.1.2	Laitteisto.....	32
6.2	Robustisuus.....	34
6.3	CJ1M-CPU13	34
6.4	GRT1-DRT.....	34
6.5	Westermo SDI-550.....	36
6.6	CJ1W-ETN21	36
6.7	POWER.....	36
6.8	Kosketusnäyttö NS12.....	38
7	Logiikkasuunnittelu	39
8	Kaappisuunnittelu	40
9	Signaalin kahdentaminen	43
10	Havaitut epäkohdat.....	43
11	Pohdinta.....	44
12	Loppusanat.....	46
	Lähteet	47
	Liitteet.....	49
	Liite 1. Riviliitinjohdotuskaavio	49
	Liite 2. Kaapin lay-out – piirustus	50
	Liite 3. Ohjausvirtapiirikaavion muutosesitys.....	51

Kuviot









Kuvio 1.	Suolahden tehtaiden työntekijöiden jakauma	7
Kuvio 2.	Metsä Woodin logo	8
Kuvio 3.	Metsä Groupin rakenne	9
Kuvio 4.	Höyrykeittiön toiminta havainnollistettuna	11
Kuvio 5.	Painelähetin ulospuhallusputkella	14

Kuvio 6. Pinnankorkeudenmittauksen rakenne	16
Kuvio 7. Kalvotoimilaite, sähkö-pneumaattinen asennoitin ja laippa-asennettu venttiili.....	19
Kuvio 8. Istukkaventtiilin rakenne	20
Kuvio 9. Prosessin kalvotoimilaitteiden rakenteet	21
Kuvio 10. Pumppujen mekaaniset ohjaukset	24
Kuvio 11. DAMATROL MC100 -yksikkösäädin	25
Kuvio 12. Ohjauskaapin hälytysyksiköt	26
Kuvio 13. Ethernet-kehyksen sisältö	28
Kuvio 14. Kehyksen lähetyksen ja vastaanoton eteneminen.....	29
Kuvio 15. Ohjelmasyklin kierto havainnollistettuna	31
Kuvio 16. Lähtökortin optoerotus	32
Kuvio 17. GRT1-DRT – yksikkö	35
Kuvio 18. Tiedon välitys ja kytkeytyminen	35
Kuvio 19. Logiikan ja CPU:n määrittely	37
Kuvio 20. PLC IO Table – valintaikkuna	37
Kuvio 21. Consumption and Width – ikkuna.....	38
Kuvio 22. Signaalien kulkureitti havainnollistettuna.....	42

Taulukot

Taulukko 1. Pt 100 -antureiden tarkkuusluokat.....	12
--	----

LSZA	Level Switching Emergency Alarm, pinnankorkeuden rajakytkinten hälytys- ja turvatoiminta
TICA	Temperature Indicating Control Alarm, lämpötilan osoitus, säätö ja hälytystoiminta
PICA	Pressure Indicating Control Alarm, paineen osoitus, säätö ja hälytystoiminta
TIC	Temperature Indicating Control, lämpötilan säätö
LV	Level Valve, pinnankorkeuden säätöventtiili
RTD	Resistance Temperature Detector, vastuslämpötila-anturi
H	High, pinnankorkeuden normaalitason ylin sallittu arvo
HH	Highest High, pinnankorkeuden ylin mahdollinen arvo
L	Low, pinnankorkeuden normaalitason alin sallittu arvo
LL	Lowest Low, pinnankorkeuden alin mahdollinen arvo
DN	Putkikokoluokka
PN	Paineluokka
PE	Protection Earth, suojamaadoitus
TE	Technical Earth, häiriösuojamaadoitus
VAC	Voltage, Alternating Current, vaihtosähkö
VDC	Voltage, Direct Current, tasasähkö
PID	Proportional Integral Derivative, venttiilien säätömenetelmä
PNP	Pointing iN Proudly, virran positiivinen kulkusuunta
NPN	Not Pointing iN, virran negatiivinen kulkusuunta
DIN	Saksalainen standardisointijärjestö, teollisuustuotteiden standardi
I/O	Input/Output, logiikkakortin tulo/lähtö
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
RS 232C	Tietoliikenneportti
RAM	Random Access Memory, CPU:n työmuisti, luku- ja kirjoitusmuisti

MAC	Media Access Control, Ethernet – kehyksen osoite
IP	Internet Protocol, Internet – protokolla
IEEE	Kansainvälinen standardisointijärjestö, mm. kommunikointistandardi
IP	Ingress Protection, koteloinnin tiiveysluokitus
	2-tiesäätöventtiili
	3-tiesäätöventtiili
	Reduktiosäätöventtiili
	Ruiskutusvesiventtiili
	Pumppu
	Hajautetulla järjestelmällä toteutettu toiminta, näyttötoiminta
	Säiliö
	Prosessiaineen syöttö ja alkuperä

1 Johdanto

Yhteistyö Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaiden kanssa alkoi keväällä vuonna 2012, kun työskentelin kesällä tuotannon toimissa. Myöhemmin kuulin että opintoihin kuuluu automaation projektityö, ja tiedustelin tehtaalta sopivaa projektia ko. opintojaksoon. Lopulta päädyttiin höyrykeittiön automatisointiin ja tarkemmin toimintakaavioiden ja – selosteiden laatimiseen sekä uusien dokumenttien laatimiseen tilanteessa, jossa prosessi toimii logiikkaohjauksen alaisena. Jo tuolloin oli puhetta että projektia on mahdollista laajentaa opinnäytetyöksi eri työnimellä ja päämäärällä. Kesän 2013 suoritin opintoihin kuuluvan harjoittelun tehtaalla ja keväällä 2014 sovittiin opinnäytetyön tekemisestä.

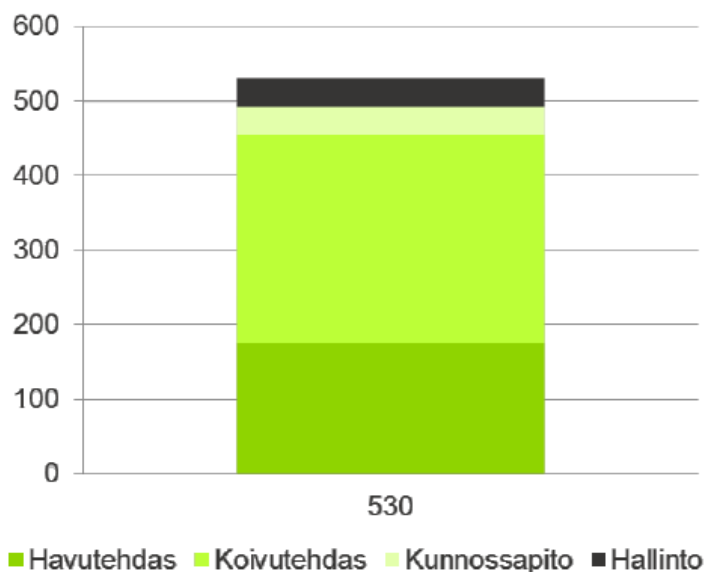
Tehtaan laajentaessa tuotantoaan havuvanerituotantoon tarvittiin tehtaalle oma höyrykeittiönsä eli prosessi, joka alentaa voimalaitoksella tuotetun tulistetun höyryn kylläiseksi höyryksi, toimittaa sitä asianosaisille koneille sekä kerätä ja kierrättää lauhteen. Syksystä 1995 asti toiminut höyrykeittiö vanhenee sen ohjauspuolelta, jota yritys tahtoo myös uusia. Aikataulullisesti projektilla ei ole kiire, sillä nykyisiä yksikönsäätimiä saadaan vielä niin sanotusti kaupan hyllyltä, mutta toivottavaa oli saada prosessin datakeruu mahdollisimman nopeasti yrityksen järjestelmään, joka toimii Ethernet -pohjaisesti. Opinnäytetyössä otetaan suppeasti kantaa tähän protokollaan, mutta pääpaino tulee olemaan prosessi- ja logiikkapuolella.

Toimeksiantaja kertoi jo automaation projektityön alussa että prosessi halutaan Omronin logiikkasarjan alaisuuteen sekä prosessin käytön kosketusnäytöltä operoitavaksi. Työn tehtävänä kuuluikin asianosaisen valmistajan tuoteperheeseen tutustuminen ja logiikan suunnittelu tarvittavine kortteineen sekä kaapin suunnittelu uudelle logikalle.

2 Yritysesittely

2.1 Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat

Suolahden vaneritehtaiden toiminta alkoi vuonna 1920 koivuvanerin tuotannolla. Vuosien saatossa yritys on laajentanut toimintaansa havuvanerituotantoon vuonna 1995 ja viimeisimpänä jalostetehtaaseen vuonna 2010. Liikevaihtoa yksiköllä oli vuonna 2012 103 miljoonaa euroa. Työntekijöitä yrityksellä on 530, jotka jakaantuvat hallinnon, kunnossapidon, koivu- ja havutehtaan välillä kuvion 1 mukaisesti.



Kuvio 1. Suolahden tehtaiden työntekijöiden jakauma (Metsä Group Suolahti 2012.)

Tehtaan yhteydessä toimii myös Kumpuniemen Voima Oy:n voimalaitos, joka pääasi-
allisesti toimii kaukolämmön tuottajana. Voimalaitos tuottaa arinakattilallaan noin 2
MWh sähköä, joka myydään verkkoon ja ostetaan edullisemmin takaisin. Metsä
Wood omistaa voimalaitoksen yhdessä Äänekosken Energian kanssa.

2.2 Metsä Group

Metsä Wood kuuluu Metsä Groupin omistukseen, joka puolestaan kuuluu Metsäliitto Osuuskuntaan. Osuuskuntaan kuuluu n. 125 000 metsänomistajaa, jotka yhteensä omistavat puolet Suomen yksityismetsistä. (Suolahden vaneritehtaat 2012.)

Metsä Group – yhtiö on Euroopan viidenneksi suurin metsäteollisuuskonserni. Sen ydintoimintaan kuuluvat pehmo- ja ruoanlaittopaperit (Metsä Tissue), kartonki (Metsä Board, entinen M-real Oyj), sellu (Metsä Fibre, entinen Metsä Botnia), puutuotteet (Metsä Wood, entinen Finnforest) sekä puunhankinta ja metsäpalvelut (entinen Metsäliitto Puunhankinta). (Suolahden vaneritehtaat 2012.)

Maailmalla laadukkaista vanerituotteistaan tunnettu Finnforest sai nykyisen nimensä helmikuussa 2012, jolloin konserni yhtenäisti kaikkien tehtaidensa nimiä ja uudisti ilmettään (kuviossa 2 Metsä Woodin uusi logo) ja omistussuhteitaan, joita on esitetty kuviossa 3 sivulla 9.



Kuvio 2. Metsä Woodin logo (Metsä Wood 2013.)



Kuvio 3. Metsä Groupin rakenne (Metsä Group, 2013.)

Yrityksen liikeideana on tuottaa laadukkaita, korkealuokkaisia ja ekologisia tuotteita teollisuuden, rakentamisen ja merenkulun asiakkailleen. Lisäksi Metsä Woodin asiakas- kantaan kuuluvat myös rakennustukut, jolloin palvellaan myös suoraan pienra- kennusten loppukäyttäjiä.

2.3 Tuotteet

Yritys tuottaa koivu- ja havuviiluvaneria. Havuvaneria työstetään standardimittoihin 1200x2400 millimetriä, 1220x2440 millimetriä ja 1250x2500 millimetriä, joiden lisäksi tilaajan mukaan tuote voidaan sahata erikoismittoihin. Havutuotteita voidaan käsitel- lä muun muassa homeenesto-, tulenkesto- ja säänkestoaineilla.

Vanerityyppejä voidaan pontata pituussuunnassa (TG2) tai levyn ympäri kauttaaltaan (TG4), tämän lisäksi havuvanereita voidaan käsitellä tilauksen mukaan esimerkiksi homeenestoaineella. Lisäksi kumpaakin vanerityyppiä pinnoitetaan ja kuvioidaan tilausten mukaan jalostetehtaalla muun muassa kuljetusalan käyttöön vaunujen poh- jalevyinä.

3 Höyrykeittiö

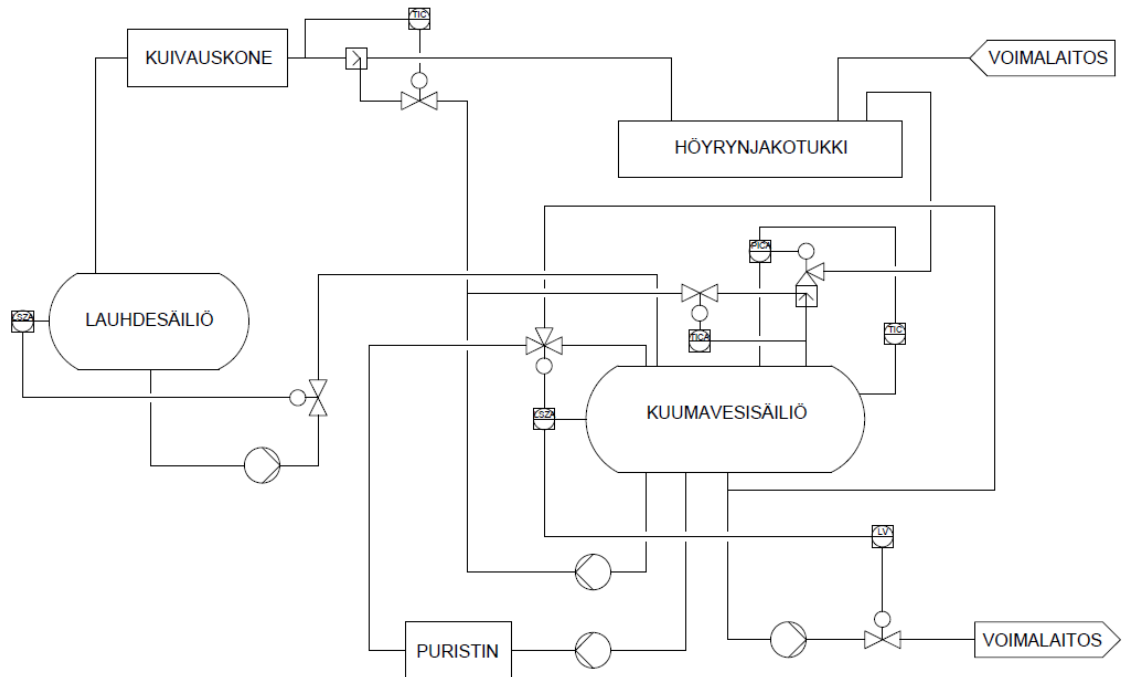
Höyrykeittiö on keskeinen osa vanerinvalmistuksessa, jota ilman tuotanto seisahtuu. Takaisinmaksuaikaa höyrykeittiöön tehtäville investoinneille on vaikea laskea, mutta keittiö aiheuttaa kustannuksia nopeasti, mikäli sen toiminta häiriintyy. Esimerkkinä voidaan todeta, että kuivaajien ylösajo voi kestää kuudesta kahdeksaan tuntia, ja jo itse höyrykeittiön paineistaminen kestää noin kuusi tuntia.

3.1 Toiminta

Höyrykeittiössä voimalaitoksella tuotettu tulistettu, 220 °C – asteinen ja 15 barinen höyry muunnetaan kylläiseksi, 170 °C – asteiseksi ja 8 bariseksi höyryksi. Höyry johdetaan jakotukille, josta höyry tuodaan *reduktio*- eli paineenalennusventtiilin kautta kuumavesisäiliölle. Tällaisenaan höyryä käytetään puristimilla ja kuivauskoneilla sitä käytetään yhdessä tulistetun höyryn kanssa.

Höyryn kierrettyä puristimilta se tuodaan takaisin kuumavesisäiliöön. Kuivauskoneilta käytetyn höyryn lämpötila on laskenut niin alhaiseksi että se muuntuu lauhteeksi, jolloin veden määrä höyryssä kasvaa. Lauhde kerätään erilliseen, kuumavesisäiliöön hönkivään säiliöön, ja kerääntynyt lauhde pumpataan takaisin kuumavesikiertoon.

Prosessin ylösajossa ja säädössä käytetään reduktiosäätöventtiilin *kaskadisäätöpiiriä*, eli säätöpiiriä, jossa on kaksi erillistä mittausta. Koska lämpötila ja paine ovat toisistaan riippuvaisia fysikaalisia ominaisuuksia, täytyy prosessin tila antaa asettua aina asetusarvon muutoksen jälkeen jotta ylösajo tapahtuu hallitusti. Tästä johtuen ylösajon asetusarvot annetaan porrastetusti. Kaskadisäätöpiirin hallitseva säätö on paineensäädöllä, eli prosessin ylösajossa paineen asetusarvoa muutetaan lämpötilan seuratessa. Prosessin toinen kaskadisäätöpiiri säätää pinnankorkeuden venttiilin avaumaa kuumavesisäiliön pinnankorkeuden mukaisesti. Kuviossa 4 sivulla 11 on havainnollistettu prosessin toimintaa.



Kuvio 4. Höyrykeittien toiminta havainnollistettuna

3.2 Anturoinnit

Höyrykeittien prosessissa on useat lämpötila- ja painemittaukset. Näistä sähköisesti on eniten valvottu lämpötilaa ja prosessissa on lisäksi useita paikallisoitoituksia. Lisäksi kummallakin säiliöllä on pinnankorkeuden mittaukset. Seuraavassa keskitytään sähköisiin mittauksiin.

3.2.1 Lämpötilan mittaus

RTD-anturit eli vastus-lämpötila-antureiden toiminta perustuu metallien sähkövastuksen lämpötilariippuvuuteen. Lämpötilan mittaus voidaan muuttaa resistanssimittaukseksi, kun tämä riippuvuussuhde tunnetaan. RTD-antureiden vaatimuksina on, että sen materiaalilla pitää olla suuri ja vakiona pysyvä lämpötilakerroin, niillä on

suuri resistiivisyys, pieni hystereesi eli suuri toistuvuus, kemiallisten ja mekaanisten rasitusten kestävyys sekä sen raaka-aineiden tasalaatuisuus ja edullisuus. (Mäkinen ym. 2009, 172.)

Yleisimmät teollisuudessa käytetyistä RTD-antureista tehdään platinasta. Niiden mitta-alue on -200–850 °C. Platinan resistanssiarvo muuttuu riittävän lineaarisesti lämpötilan muutoksissa ja platina kestää hyvin kemiallisia rasituksia. Antureita valmistetaan eri tavoilla. Lanka-anturissa lasisen tai keraamisen rungon ympärille kierretään halkaisijaltaan n. 0,05 mm paksuista platinalankaa tai se sulatetaan lasin sisälle. Platinakalvoantureissa lasin tai keramiikan pinnalle höyrytetään ohut platinakalvo. (Mts. 172.)

Yleisin platina-anturi on Pt-100. Sen resistanssi 0 °C:ssa on 100 ohmia. Platina-antureiden tarkkuus on riippuvainen raaka-aineen puhtaudesta ja ominaisuuksista. Antureita valmistetaan toleranssiluokille A, joka vastaa tarkinta luokkaa ja B, joka on yleisin käytetty malli. Näistä puhuttaessa käytetään myös *DIN*- tai *osa DIN* – arvoista, jotka on selvennetty taulukossa 1. (Mts. 172.)

Taulukko 1. Pt 100 -antureiden tarkkuusluokat (Mäkinen ym. 2009, 173.)

Anturi	Tarkkuusluokka	Toleranssi °C	Huomautus
Pt 100	A	$\pm 0,15 + 0,002 \cdot t$	vain 650 °C saakka
Pt 100	B	$\pm 0,3 + 0,005 \cdot t$	yleisesti käytetty malli
Pt 100	½ DIN	$\pm 0,15 + 0,005 \cdot t$	"vähän huonompi kuin A"
Pt 100	⅓ DIN	$\pm 0,1 + 0,005 \cdot t$	tietyllä arvolla tai alueella
Pt 100	1/10 DIN	$\pm 0,03 + 0,005 \cdot t$	tietyllä arvolla tai alueella

Toleranssien kaavassa t = lämpötila [°C]. Osa-DIN:n toleranssi saadaan jakamalla B-tarkkuusluokan ensimmäinen kerroin kahdella, kolmella ja kymmenellä. Huomioitavaa on, ettei kapeaa toleranssiarvoa saada koko mitta-alueella, vaan se ilmoitetaan tietylle lämpötila-arvolle tai mitta-alueelle. (Mts. 172.)

Anturit voidaan kytkeä kolmella eri tavalla. 2-johdinkytkennässä instrumenttikaapeli kytketään anturin kytkentäkotelon liittimiin. Tällöin mittaustuloksessa on mukana johtimien resistanssit, jotka muuttuvat ympäristön lämpötilan mukaisesti. 3-

johdinkytkennässä lämpötilalähetin mittaa sekä johdinsilmukan että anturin resistanssin ja vähentää ne toisistaan. 3-johdinkytkentä onkin teollisuudessa yleisin menetelmä ja mittaustapa on riittävän tarkka. Näihin kahteen menetelmään käytetään instrumenttikaapelin yhtä parikaapelia. 4-johdinjärjestelmää käytetään erityistä tarkkuutta vaativissa prosesseissa. Anturin päähän kytketään kaksi johdinta kaksiparises-ta instrumenttikaapelista. Tällöin lämpötilalähetin syöttää virran toiseen johtopareis-ta ja toisella mitataan jännite anturin yli. (Mäkinen ym. 2009, 173–174.)

Kyseisessä prosessissa jokaisessa lämpötilanmittauksessa käytetään 3-johdinkytkentäistä Pt-100 – anturia, jonka lähetin on 2-johdinkytkentäinen. Edelli-seen viitaten tällöin anturin jännitteensyöttö tulee analogiatulokortilta.

3.2.2 Painelähetin

Painelähetin sisältää mittausmekanismin ja elektroniikan. Se tuottaa analogisen vies-tin joka on verrannollinen paineeseen tai siihen voidaan liittää kenttäväylä. Mittaus-mekanismiin kuuluvat prosessiin kiinnitettävä mittausyhde, erotus- ja mittauskalvo, mahdollinen täyttöneste sekä mittakenno. Elektroniikkaan kuuluvat vahvistin, säädöt viritysvälille, alueen alkuarvolle ja vaimennukselle. Elektroniikkaosassa ovat myös koestuspistokkeet, joista voidaan mitata ulostulosignaali. Painelähettimen mittaus-yhteeseen kierretään venttiili, johon liitetään *impulssi*- eli mittausputki. (Mäkinen ym. 2009, 178.)

Nesteen paineen mittauksessa lähetin asennetaan prosessiputken alapuolelle. Tällöin välitysputkessa on varmuudella aina nestettä ja mahdolliset ilmakuplat kulkeutuvat prosessiputkistoon. Kierteellinen mittausyhde hitsataan prosessiputkiston sivulle, johon kiinnitetään välitysputki ja sulkuventtiili. Välitysputken päähän asennetaan usein ulospuhallusventtiili, jolla putkisto voidaan tarvittaessa puhdistaa. (Mts. 179.)

Kosteilla kaasuilla ja kuivalla ilmalla lähetin asennetaan prosessiputkiston yläpuolelle. Tällöin välitysputkeen ei kerry prosessiputkiston epäpuhtauksia ja nestepisaroi-ta. Kierteellinen mittausyhde hitsataan prosessiputkiston yläpinnalle ja varustetaan sa-

moin kuin edellä. Lähetin voidaan asentaa ilman välitysputkistoa, mutta asennus tehdään sulkuventtiilin jälkeen. (Mts. 179.)

Höyryn painetta ei saa mitata suoraan sen korkean lämpötilan vuoksi. Höyry tiivistetään se ensin *lauhteeksi* eli vedeksi ja lähetin asennetaan prosessiputken alapuolelle. Näin mitattava kokonaispaine on välitysputken lauhteen hydrostaattisen paineen ja prosessipaineen summa. Hydrostaattisen paineen aiheuttama virhe voidaan huomioida kompensoimalla virhe lähettimen alkuarvosäädöllä. (Mts. 180.)

Prosessiaineen luonteen vuoksi on edellä kuvattuja tilanteita sovellettu sen mukaan, missä kohtaa prosessia mittaus tapahtuu. Lisäksi asennusperiaatteeseen on vaikuttanut, millä tavalla prosessiaine on mielletty: höyryksi, vedeksi, paineistetuksi höyryksi tai joksikin näiden muunnelmaksi. Jokaisessa prosessin painemittauksissa on käytetty samanlaisia painelähttimiä. Kuviossa 5 on esitettyä esimerkki tapauksessa, joissa välitysputken yhteyteen on asennettu ulospuhallusputki ja – venttiili. Kyseinen anturi mittaa lauhdesäiliön painetta, joka on hieman yli 7 baria.



Kuvio 5. Painelähetin ulospuhallusputkella

3.2.3 Pinnankorkeus

Pinnankorkeusmittaus on toteutettu kummassakin säiliössä samalla periaatteella. Laitteisto on tarkoitettu avoimien tai paineistettujen säiliöiden pinnankorkeuden osoitukseen ja raja-arvohälytyksiin. Mittauskammio on valmistettu epämagneettisesta ja paineenkestävästä putkesta. Putkessa on magneetilla varustettu uimuri, joka seuraa nestepintaa. Pinnankorkeuden osoitus tapahtuu ulkopuolelle olevassa ilmatii- viesti suljetussa lasiputkessa liikkuvan seurantamagneetin avulla. (Datalehti n.d, 6.)

Lasiputkea suojaavaan metallikehykseen voidaan asettaa vapaavalintaisesti neljä rajakytkintä, jotka indikoivat säiliön *HH*- eli korkeinta sallittua pinnankorkeutta joka vaatii ohjaukselta järeämpiä toimenpiteitä, *H*- eli korkeinta sallittua pinnankorkeutta, *L*- eli matalinta sallittua pinnankorkeutta ja *LL*- eli matalinta sallittua pinnankorkeutta, joka vaatii toimenpiteitä. (Mts. 6.)

Antureita vastapäätä on jatkuva pinnankorkeuden mittaus, joka perustuu resistanssin muutokseen. Kielireleet ja vastusketju on asennettu tukiputken sisälle ja tämä on edelleen kiinnitetty korvakkeella metallikehyksen sivulle. Mittalasin uimurin magneetit ohjaavat osoituksen lisäksi kielireleitä josta seurauksena on vastusmuutos vastusketjussa. Näin saadaan vastaamaan tietty vastusarvo tiettyä pinnankorkeutta. Tukiputken päässä oleva lähetin tuo kyseenomaisessa prosessissa tiedon digitaalisena kaapille, jossa vahvistinyksikkö muuntaa vastusmuutoksen 4-20 mA:n viestiksi. (Mts. 6.) Kuviossa 6 sivulla 16 on esitetty mittalaitteiston kokoonpano kummaltakin sivustaltaan.



Kuvio 6. Pinnankorkeudenmittauksen rakenne

3.3 Venttiilipaketit

Prosessiin kuuluu joitain venttiilipaketteja, jotka kuitenkin poikkeavat toisistaan pitkälti asennoittimiensa osalta. Asennoittimet ovat kuitenkin toiminnaltaan samanlaisia ja kuuluvat sähkö-pneumaattisiin asennoittimiin, joiden sisääntuloviesti on 4-20 mA ja ohjausviesti 6 baria. Toiminnaltaan kaikki venttiilit toimivat samalla periaatteella, eli niiden toimisuunta on suora. Venttiilityypeistä kerrotaan niiltä osin kuin se on prosessia ajatellen tarpeellista.

Prosessiputkistoon on asennettu huomattavan paljon käsikäyttöisiä sulkuventtiileitä. Näillä ohjataan prosessiainetta tapauksissa, jossa se täytyy ajaa normaalista poikkeavaa reittiä. Tällaisia tapauksia on muun muassa säiliön, venttiilin tai pumpun ohitus,

hönkäyhteiden sulkeminen säiliön täytössä tai säiliön täyttämisestä niin sanotusti takaperin.

Painesäiliöihin ja tiettyihin prosessiputkiin on asennettu myös varoventtiilit. Varoventtiilit toimivat tietyn paineen ylittyessä ja päästävät höyryn suoraan katolle. Venttiilit ovat täysin mekaanisia eikä niihin saa asentaa mitään sähköisesti toimivaa. Toimittuaan varoventtiilin jousipalautteinen kalvo palautuu alkuasentoonsa. Varoventtiilit tarkastetaan määrävälein paineastialain mukaisesti. Varoventtiileillä suojataan suuren paineen ylittyessä mittalaitteistoa, sillä säiliöt ja putkistot kestävät korkeaa painetta paremmin eivätkä myöskään aiheuta henkilövaaraa.

3.3.1 Venttiilit

Venttiili eli toimielin on se osa, joka asennetaan suoraan putkistoon. Sen tehtävänä on rajoittaa, sallia ja säätää prosessiaineen virtausta. Oikean venttiilityypin valinta tiettyyn prosessin vaiheeseen tehdään laitossuunnittelijan ja prosessiasiantuntijan toimesta. Valintaan vaikuttavat prosessiaine ja sen ominaisuudet sekä prosessin ominaisuudet kuten paine, lämpötila ja virtausmäärät. (Mäkinen ym. 2009, 209.)

Venttiileitä jaetaan sen toiminnan mukaan seuraavasti. Säästöventtiileillä ohjataan prosessiaineen kulkua portaattomasti. Sulkuventtiileillä prosessiaineen kulku joko sallitaan tai estetään. Lineaariventtiileiden kara liikkuu suoraviivaisesti. Kiertoventtiileillä kara ja sulkulaite tekevät kiertoliikkeen, yleensä 90°. Virtauksen säätöön ja sulkuun käytetään 2-tieventtiileitä ja virtausten sekoittamiseen 3-tieventtiileitä. (Mts. 209).

Edellisestä poiketen opinnäytetyön prosessissa 3-tieventtiiliä on käytetty ON/OFF-tyyppisesti (ks. kuvio 4 sivulla 11). Tässä tapauksessa kuumavesisäiliön pinnankorkeuden mukaan valitaan ohjataanko puristimilta palaava prosessiaine säiliöön vai ohitetaanko se pumpulle, joka pumppaa sen edelleen voimalaitokselle. Lisäksi ohituksen voi valita sähkökaapin nokkakytimestä. Edelleen poiketen teoriaosuudesta

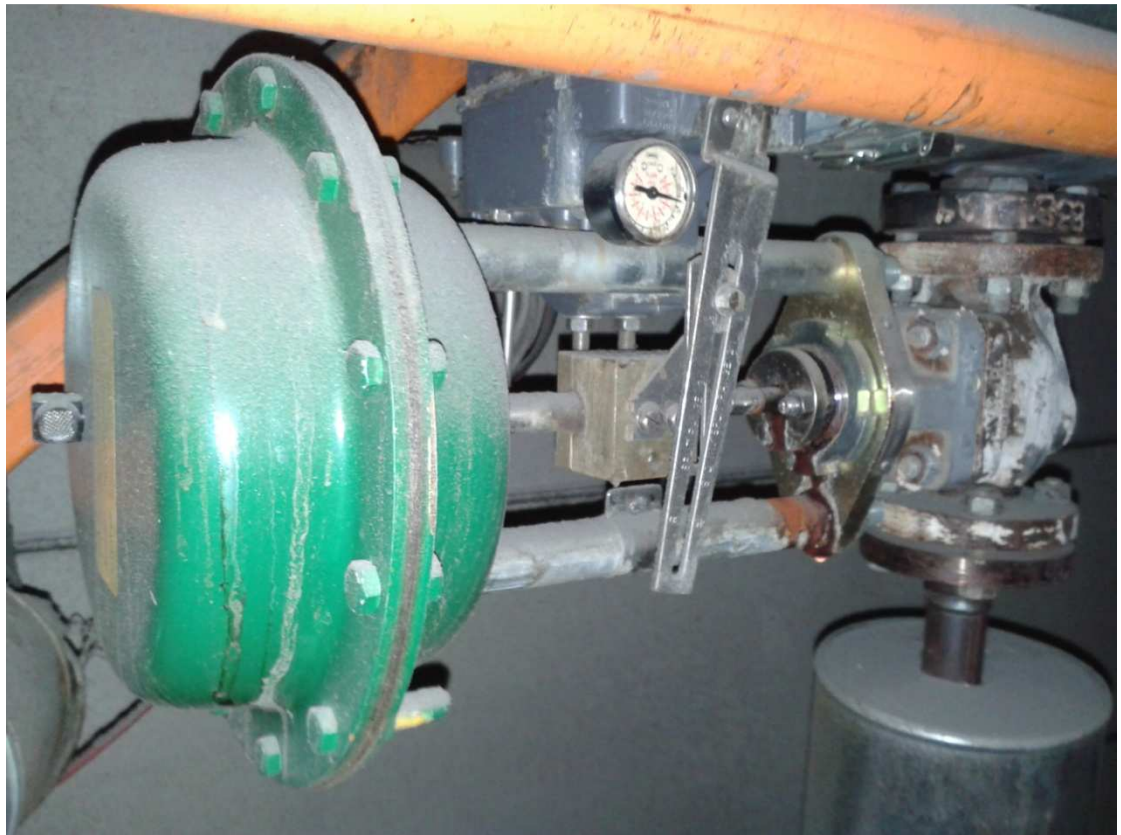
kuivauskoneiden höyrysekoitus tapahtuu lämpötilasäädöllä säätämällä 2-tieventtiiliä, ei 3-tieventtiilillä (ks. kuvio 4 sivulla 11).

Venttiilien rakenteesta voi erottaa erinäisiä rakenneosia. Venttiilin paineenkestävä pesä on rakenteeltaan joko metallinen tai muovinen ja sisältää virtauskanavan ja sulkuelimen. Tämä kiinnitetään putkistoon laipoin, hitsaten, kierrelitoksia tai puristamalla putken laippojen väliin. Tämä pesä on lisäksi toimilaitteen kiinnityspiste. Venttiilin sulkuelin säättää, sulkee tai päästää ainevirtausta lävitseen. Sulkuelimiä ovat läpät, pallot, segmentit ja istukat. Venttiilin tiiviste tiivistää sulkuelimen ja putken välisen raon ja on asennettu joko putkeen tai sulkuelimeen. Tiivisteitä on sekä pehmeästä materiaalista että metallista valmistettuja. Pesän läpiviennistä tuleva kara on akseli, jolla säätövoima siirretään toimilaitteelta sulkuelimeen. Myös kara on tiivistetty. (Mts. 209.)

Palloventtiileitä käytetään säätö- ja sulkuventtiilisovelluksissa. Palloventtiilit ovat neljänneskiertoventtiileitä ja niiden sulkuelimenä ovat nimensä mukaisesti pallo. Sen virtausaukko voi olla suora-aukkoinen, jolloin täysin auki ollessaan se mukautuu rungon virtauskanavaa tai virtausaukko voi olla supistettu. Palloventtiilin sulkutiiveys on toteutettu pallomaisten pintojen avulla sulkuelimen ja tiivisteiden välillä. Venttiilit asennetaan putken laippojen väliin tai niillä on laipallinen runko. Toimilaitteena voi olla yksi- tai kaksitoiminen pneumaattinen tai sähkömoottorikäyttöinen käyttölaite. Palloventtiileillä on suuri kokoluokkakirjo aina DN 25:stä DN 900:aan ja niitä käytetään prosesseissa, joissa paine on kohtalainen (PN 10–100) ja lämpötila on laaja (–200–600 °C). Suora-aukkoisena se aikaansaa vain pienen painehäviön. (Mts. 210–211.)

Segmenttiventtiileitä käytetään erityisesti säätöventtiilinä, mutta lisäksi sulkuventtiilinä. Segmenttiventtiilit ovat palloventtiileiden tapaan neljänneskiertoventtiileitä. Niissä käytetään sulkuelimenä segmenttilevyä joka muodostaa tiiviin pallopinnan pesää vasten. Segmenttiventtiili asennetaan putkiston laippojen väliin tai niillä on laipallinen runko. Toimilaitteena voi olla yksi- tai kaksitoiminen pneumaattinen tai sähkömoottorikäyttöinen käyttölaite. Venttiilillä on suuri kokoluokkakirjo DIN 25:stä DIN 500:aan ja niitä käytetään kohteissa joissa paine on kohtuullinen (PN 10–50) ja lämpötila on laaja (–40–250 °C). Suora-aukkoisena se aikaansaa vain pienen painehä-

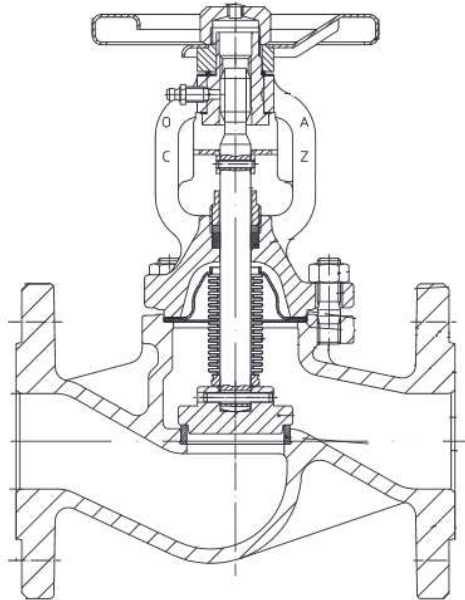
viön. (Mts. 211.) Kuviossa 7 on esitetty esimerkki prosessin venttiilipaketista, jossa on vihreä kalvotoimilaite, sini-harmaa sähkö-pneumaattinen asennoitin ja sen takaisin-kytkentävipu yhdistettynä venttiin karaan sekä laippakiinnityksellinen venttiili.



Kuvio 7. Kalvotoimilaite, sähkö-pneumaattinen asennoitin ja laippa-asennettu venttiili

Istukkaventtiiliä käytetään ensisijaisesti säätöventtiilitarkoituksiin, mutta myös sulku-tarkoituksiin. Rakenteellisesti venttiili on lineaarinen, missä sylinterinmalliseen pesänlaajennukseen istuutuu tulppamallinen sulkuelin. Venttiin avautuessa sulkuelin loittonee suoraan poispäin tiivisteestä ja virtausaukosta. Sisäosien muokattavuuden vuoksi venttiili soveltuu erinomaisesti säätöventtiileiksi. Venttiilit ovat kooltaan pieniä (DN 15–50), mutta sitä käytetään prosesseissa, joissa on korkea paine (PN 10–320) ja laaja lämpötila-alue (–250–700 °C). Prosessiaineen virtaus aiheuttaa venttiin sisäisen liikesuunnan muutoksen ja venttiili aiheuttaa virtaukseen painehäviöitä. (Mts. 211.)

Kuviossa 8 on esitetty eräs prosessissa sulkuventtiilinä käytetty istukkaventtiili. Tilausvahvistuksen mukaan kyseisiä venttiileitä on käytetty eri putkikoot huomioiden 37 kappaletta sekä höyrykeittiössä että höyrykeittiön piirissä olevilla laitteilla.



Kuvio 8. Istukkaventtiilin rakenne (ALI-FABA 2008, 2)

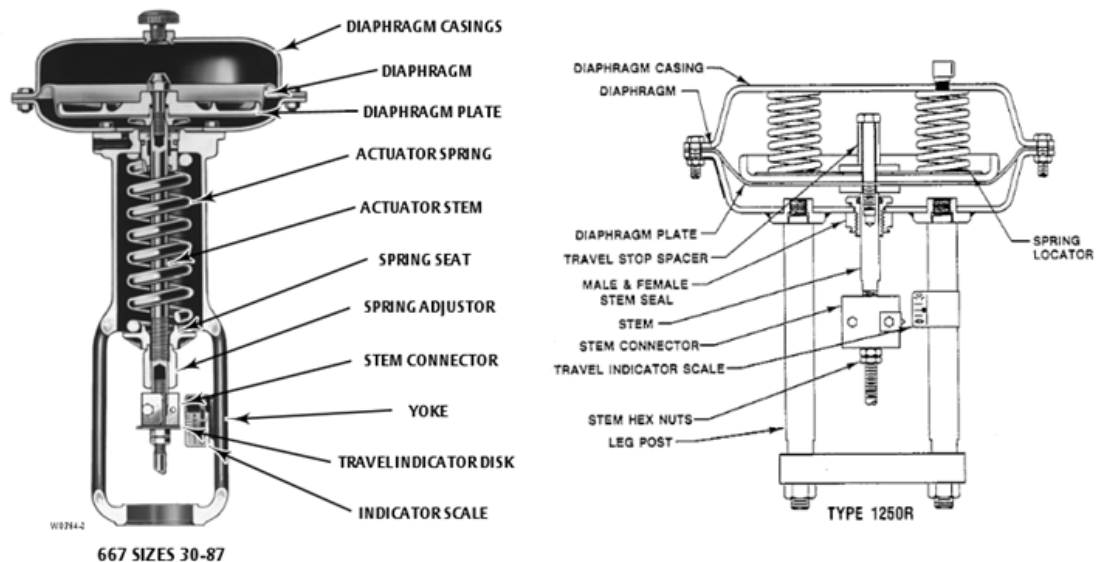
3.3.2 Toimilaitteet

Toimilaitteet toimeenpanee venttiilin tarvitseman lineaarisen eli suoraviivaisen tai pyörivän liikkeen. Toimilaitteen tulee olla riittävän nopea venttiilin asennoittamiseen prosessin muuttuvissa säätötilanteissa. Lisäksi siltä vaaditaan riittävää voimaa, jotta se pystyy ongelmitta säätämään venttiiliä prosessin aiheuttamista dynaamisista ja venttiilin sekä toimilaitteen staattisista kitkoista eli sisäisistä voimista huolimatta. Toimilaitetta ohjataan asennoittimelta tulevan viestin mukaan. Viesti voi olla sähköinen tai pneumaattinen standardiviesti tai digitaalinen kenttäviesti. Toimilaitteen käyttöenergiana toimii paineilma, hydraulinen neste tai sähkö. Toimilaitteet voivat olla yksitoimiset, jolloin siinä on sisäänrakennettu jousi: paine avaa ja jousi sulkee tai paine sulkee ja jousi avaa. Toimilaitteet voivat olla myös kaksisuuntaiset, jolloin paine sekä avaa että sulkee. Rajakytkimillä saadaan binäärinen tieto venttiilin ääriasennoista.

Asentolähetin antaa hetkellisen tiedon toimilaitteen karan kulmasta tai sen liikkeestä. (Mts. 202.)

Kalvotoimilaitteen karaa liikuttaa yhdistelmä, joka muodostuu metallisesta kalvolautasesta ja muotoillusta kumikalvosta. Syöttöpaineen vaikutuksesta paineilma pullistaa kalvoa ja painaa näin kalvolautasta ja karaa alaspäin. Muotoiltu kalvo takaa syöttöpaineeseen suhteellisen lineaarisen liikkeen. Kalvotoimilaite on yleensä yksitoiminen, joten kalvon ylä- tai alapinnalla on vastajousi. Toiminnaltaan toimilaite voi olla suora eli syöttöpaineen kasvaessa kara liikkuu ulospäin, tai käänteinen eli kara liikkuu sisäänpäin. Kalvotoimilaitteita käytetään erityisesti säätöventtiilien kanssa mutta myös sulkuventtiileissä. Saatava voima on riippuvainen syöttöpaineesta sekä kalvon pinta-alasta. Laitteesta riippuen sen syöttöpaine on 300–200 kPa, karan liike 20–150 mm ja karan työntövoima 10–200 kNm. (Mts. 203.)

Prosessissa on turvallisuuteen nojaten käytetty käänteisesti toimivia kalvotoimilaitteita. Kuviossa 9 on esitetty säätöventtiileissä käytettyjä kalvotoimilaitteita. Virtavies-tin tai paineilman hävitessä venttiili pysyy kiinni.



Kuvio 9. Prosessin kalvotoimilaitteiden rakenteet (Fisher 2012, 4; Fisher 1987, 3.)

3.3.3 Sähkö-pneumaattiset asennoittimet

Pneumaattista toimilaitetta ohjataan säätökäyttöisen asennoittimen välityksellä. Itsenäinen säädin säätää ja ylläpitää pneumaattisen toimilaitteen karan asentoa kun säätöventtiiliä säädetään. Asennoitin kiinnitetään toimilaitteen runkoon ja sen takaisinkytkentävipu liitetään venttiilin karaan. Asennoitin vertaa karan hetkellistä asentoa haluttuun asentoon ohjausviestiin. Jos ulkoinen voima vaikuttaa karaan, venttiilin avauma pyrkii muuttumaan. Liike välittyy asennoittimen luistiin. Tällöin toimilaitteen syöttöpainetta lisätään tai vähennetään kunnes ohjausviestiä vastaava asento on saavutettu. Ulkoisia voimia aiheuttavat esimerkiksi paineilman paineen vaihtelut ja venttiilistä toimilaitteeseen kohdistuvat voimat kuten paine-erot ja paineiskut. Venttiilit likaantuvat ja kuluvat käytön aikana mitkä vaativat lisämomenttia venttiiliä ohjattaessa. (Mts. 205.)

Pneumaattista toimilaitetta ohjataan sulkukäytössä magneettiventtiilien välityksellä. Yleisimmin tämä on sijoitettu kentälle sähkö-pneumaattiseen kenttäkoteloon. Täällä sijaitsee sähkösyötöt ja ohjaukset magneettiventtiileille sekä paineilmaputkistot ja ilmanjakotukit. Magneettiventtiili voidaan kiinnittää myös suoraan toimilaitteen runkoon. Yksitoimisissa toimilaitteissa käytetään 3/2-magneettiventtiiliä ja kaksitoimisessa 4/2-tai 5/2-magneettiventtiiliä. Toimilaitteiden ja venttiilien sulkuelimien liikenopeutta voidaan säätää kuristimilla, jotka asennetaan ilmaputkistoon. Näin vältetään prosessiputkissa olevan aineen aiheuttamat äkilliset paineiskut. (Mts. 205–206.)

Prosessissa on käytetty sähkö-pneumaattisia asennoittimia edellisten kuvausten mukaisesti niin säätö- kuin sulkukäyttöön. Jälkimmäisessä tosin ylitäyttöventtiileinä, jolloin toimisuunta on avaava. Ylitäyttöventtiileiden ja muiden asennoittimien paineilman jakotukki sijaitsee instrumentointisähkökaapissa. Täällä suoritetaan myös venttiilien säätöpiirit ja ylitäyttöventtiileille tuodaan ainoastaan paineilmaletku.

Prosessissa on käytetty virtaviestitoimista asennoitinta, joka avaa toimilaitetta paineilman voimalla. Asennoittimelle tuodaan siis sekä paineilma että ohjaava virtaviesti. Eräät säätöventtiilit ovat varustettu myös *regulaattorilla* eli pienellä paineenalennusventtiilillä, jolla vähennetään venttiiliä syöttävää paineilmaa.

3.4 Pumpput

Prosessin toiminta on varmennettu käyttämällä pumppukohteissa kahdennettuja pumppuja, joista toinen on aina varalla siltä varalta, että toiseen syntyy toimintahäiriö tai sitä huolletaan. Toimeksiantajalla on ollut tavoitteena että pumppukäyttöjä vaihdetaan kuukausittain, jotta pumpput kuluisivat tasaisesti.

3.4.1 Yleinen toimintaperiaate

Kuumavesipumppuina käytetään suosittuja keskipakopumppuja joita pyörittävät 75 kW moottorit. Näillä tuodaan kauempana sijaitseviin puristimille lämmityshöyry. Ruiskutusvesipumpuilla jäähdytetään tulistettua höyryä lähelle kyllästymispistettä. Näitä pumppuja pyörittää 15 kW:n moottorit. Lauhdepumput pumppaavat nimensä mukaisesti lauhteen kuumavesisäiliöön. Näiden voimanlähteinä käytetään pieniä, 1,1 kW:n moottoreita. 11 kW:n lauhdevesipumpuilla kierron ”ylimääräinen” prosessiaine pumpataan takaisin voimalaitoksen lauhdevesisäiliöön.

3.4.2 Ajo

Kuviossa 10 sivulla 24 on esitetty sähkökaapin ovi, josta pumppuja ohjataan paikallisesti. Kuvion kaksi ensimmäistä kytkintä kuuluvat lauhdesäiliön pumpuille. Auto- maatti – asennossa pumppu toimii pinnankorkeuden säätöpiirin mukaisesti eli pysähtyy kun pinnankorkeus saavuttaa *LL*- eli Lowest Low -rajan. 0-tilassa pumppu on pysähtynyt. Käsiäjossa kytkintä käytetään *St*- eli Start – puolella jolloin pumppu käynnistyy ja palautuu *Käs* – asentoon. Puristimien pumpput ovat käsikäyttöisesti joko päällä tai pois päältä, ja käynnistys toimii samaan tapaan kuin edellä. Toisen rivin kaksi ensimmäistä kytkintä kuuluvat ruiskutusvesipumpuille, joiden ajotapa poikkeaa muista pumpuista. Ensimmäisellä valitaan ajotapa tai pysäytetään valittu tai valitut

pumput, ja toisella valitaan, kumpaa pumppua käytetään vai käytetäänkö yhteisajoa. Viimeisillä kytkimillä ohjataan lauhdevesipumppuja samaan tapaan kuin edellä kuvattulla lauhdesäiliön pumpuilla. Harhaanjohtavasti lauhdevesipumpuiksi nimetyt pumput eivät kulje tehtaan piirissä tällä nimellä, sillä nimeäminen juontuu voimalaitoksen puolelta, joissa höyrykeittiöstä pumpattava prosessiaine nähdään heidän näkökantastaan lauhteena.

Voimalaitokselta voidaan ohjata lauhdevesipumppuja päälle/pois, kunhan valittu pumppu on automaattiajolla. Lisäksi voimalaitoksen valvomosta voidaan asettaa säiliöiden pinnankorkeudet ja näiden hälytysrajat sekä indikoida pinnankorkeuden muutoksia.



Kuvio 10. Pumppujen mekaaniset ohjaukset

4 Prosessin ohjaus

Prosessi toimii itsenäisesti DAMATROL:n MC100 – yksikkösäätimien varassa. Kuviossa 11 on esitettyinä vastaavanlainen yksikkö.



Kuvio 11. DAMATROL MC100 -yksikkösäädin (Datalehti, 1993, 1.)

Digitaalisia yksikkösäätimiä käytetään prosesseissa, joissa on yksittäisiä säätöpiirejä. Suuremmissa kokonaisuuksissa käytetään ohjelmoitavia logiikoita tai automaatiojärjestelmää. Yksikkösäätimiä on saatavilla myös ohjelmoitavina malleina sovelluksissa, joihin säätimen perusominaisuudet eivät riitä. Näillä voidaan säätöpiirin ohjauksen lisäksi suorittaa laskentaa ja loogisia toimintoja. Yksikkösäätimiä on saatavana myös monitoimisäätiminä, joilla ohjataan kahdesta neljään säätöpiiriä. (Mäkinen ym. 2009, 212.)

Yksikkösäätimiä käytetään *lokaalina* eli paikallisina säätiminä. Yksikkösäätimet voivat olla osa suurempaa prosessin ohjausta ja liitetty valvomolaitteeseen, jolla säätöpiiriä valvotaan ja ohjataan. Näitä käytetään myös varasäätimenä logiikan ja automaa-

tiojärjestelmän ohjauksessa tai logiikkajärjestelmän yhteydessä säätöjen ja mittaus-
ten tekemiseksi. Yksikkösäätimet ovat asennusvalmiita yksiköitä, joilla on ohjelmisto
mukana. Sen konfigurointi ja parametrien asettelu tehdään etupaneelin näppäimiltä
tai säätimeen sarjaväylällä kytketyltä tietokoneelta. Yksikkösäätimen tehtäviin kuuluu
jokin seuraavista kuvatuista:

- Säädin toimii PID-säätimenä virtaviestisignaalilla. Tällöin signaali vastaa myös
toimilaitteen asentotietoa.
- Säädin toimii PID-säätimenä binääripulsseilla. Toimilaitteelta viedään erikseen
asentotieto säätimelle.
- Säädin toimii suhdessäätimenä eli ohjaa toimilaitetta kahden mittauksen suh-
teen avulla. (Mts. 212–213.)

Kaapin ovelle olevat envic ohjelmoitavat AHKDU – hälytysyksiköt indikoivat aktiivi-
sia hälytyksiä. Nämä yksiköt ovat jo useita vuosia olleet epäkunnossa mikä ilmenee
äänekkäänä surinana ja valojen vilkkumisena. Kuviossa 12 on esitetty hälytyskeskus
sekä sen laajennusyksikkö.



Kuvio 12. Ohjauskaapin hälytysyksiköt

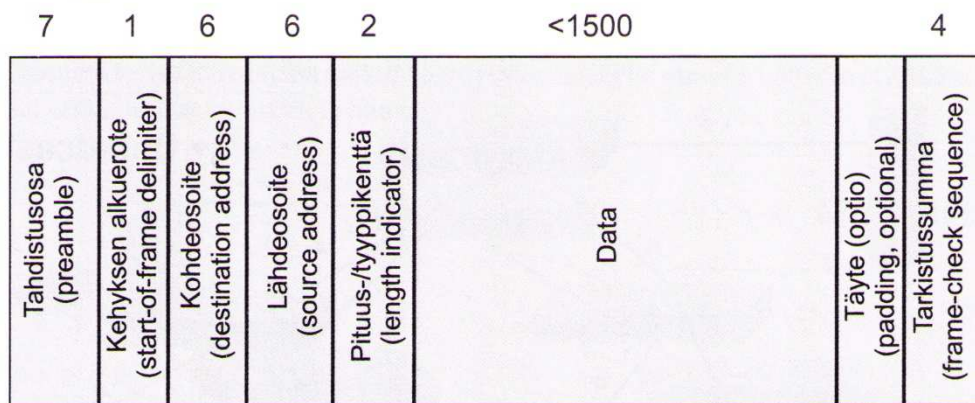
Prosessia ohjataan paikallisesti prosessinohitajan toimesta, mikäli esimerkiksi havai-
taan tarve vaihtaa pumppujen käyttöä. Poikkeuksena ovat siis jo edellä mainitut

lauhdevesipumput, jotka voidaan käynnistää voimalaitoksen valvomosta, mikäli valittu pumppu on automaattiajolla. Valvomossa on myös *indikoinnit* eli osoitukset lauhde- ja kuumavesisäiliön pinnankorkeuksista ja kumpi kuuma- ja lauhdevesipumpuista on käytössä.

5 Ethernet – väylätekniikka

Ethernet – verkossa kulkevia sanomia kutsutaan kehyksiksi. Näitä kehyksiä on kolme päätyyppiä, unicast, multicast ja broadcast. Unicast – kehyksissä on uniikki lähde- ja kohdeosoite. Osoitteita kutsutaan myös *MAC-osoitteiksi*. Suurin osa lähiverkon liikennöinnistä tapahtuu näiden kehyksiin sisällytetystä informaatiosta ja kehykset kulkevat vain lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Multicast – kehyksessä lähetetään monille, tietyille vastaanottajille. Tapaa käytetään esimerkiksi videoneuvotteluissa ja ryhmätyöohjelmissa. Multicast on unicast – tyyppistä kehystä tehokkaampi tämänkaltaisissa sovelluksissa, sillä sanomaa ei tarvitse lähettää jokaiselle yksitellen erikseen. Lähettäjän sanoma leviää kaikille alueensa oleville laitteille. Broadcast – kehyksessä lähetetään koko levitysviestialueelle ja kuten edellä, lähettäjän sanoma leviää alueellensa oleville laitteille. Näitä levitysviestejä on eri tarkoituksiin. Virityspuussa kehystä tarvitaan viestittämään tieto lähiverkon kytkimille ja silloille. Joissain verkkokäyttöjärjestelmissä työasemat ja palvelimet käyttävät näitä levitysviestejä mainostaakseen olemassaoloaan. IP-reititysprotokollat käyttävät viestejä reititystiedon välittämiseen. Näillä tiedoilla selvitetään paras mahdollinen reitti IP-verkossa tai yhdistetään IP- ja MAC – osoite. (Jaakohuhta 2005, 83–85.)

Ethernet – kehyksen koko ilmoitetaan oktettina eli 8 bitin ryhmiä, ja kehyksen suurin koko on 1518 tai 1522 oktettia. Kuviossa 13 sivulla 28 on esitetty standardin IEEE 802.3 mukainen kehysrakenne.

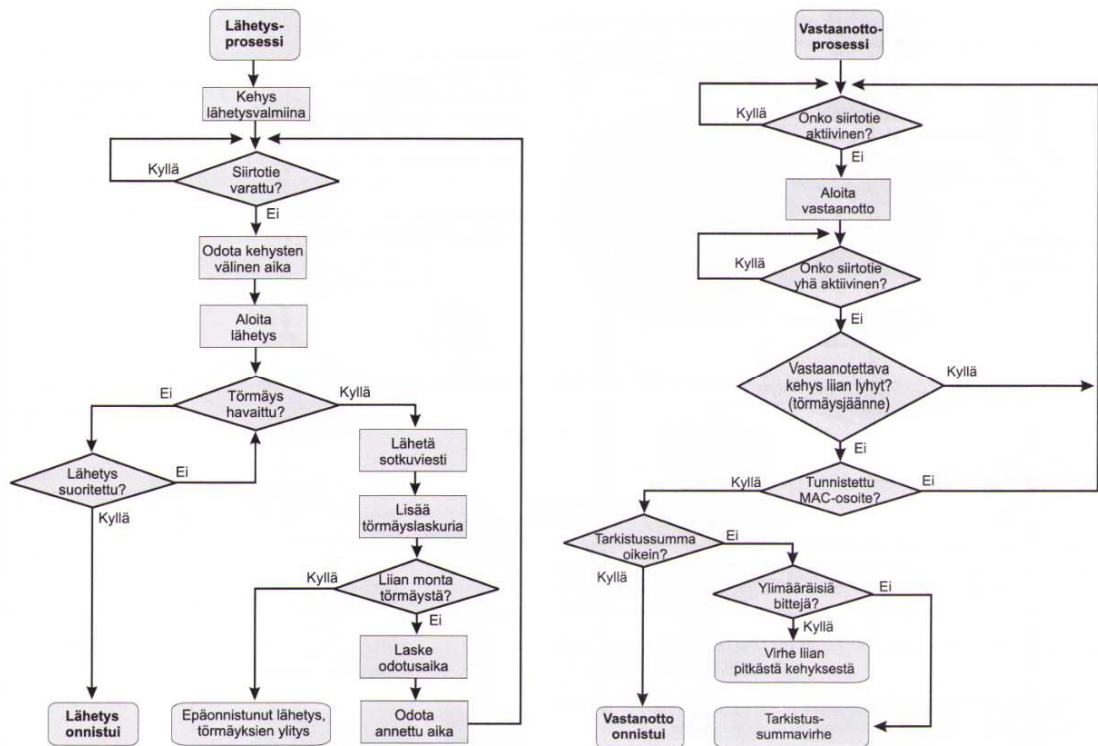


Kuvio 13. Ethernet-kehysten sisältö (Jaakohuhta 2005, 86.)

Kehyksen alussa on 7 oktetin eli 56 bitin ”01010101..” *alkutahdistus*, joka virittää vastaanottimet. Lähtevien kehysten välillä on 10 Mbps verkossa aina 9,6 µs ja 100 Mbps verkossa 0,96 µs tauko, jolloin signaalelektroniikka toipuu edellisen lähetyksen rasituksesta. Alkutahdistuksen jälkeen on yhden oktetin eli 8 bitin kehysten *alkuerote*, jonka IEEE 802.3 – standardin mukainen bittikuvio on 10101011. Tahdistusbitit 11 ovat osa Ethernet – määrittelyä. Kohde- ja lähdeosoitteet eli MAC-osoitteet ovat kahden tai kuuden tavun mittaisia. Sen ensimmäiset kolme tavua on käytetty kortin valmistajan nimen kertomiseen ja näiden sisältö on IEEE:ltä saatu, valmistajakohtainen tunnus. *Pituus-/tyyppikenttä* kertoo kehysten datan pituuden/kehysten tyyppin ja on pituudeltaan 2 oktetia. Itse datakentän pituus on ≤ 1500 oktetia mutta vähintään 64 oktetia. Mikäli datan osuus on tätä pienempi, lisätään puuttuvaan osaan *täytettä*. Tarkistussumman pituus on 4 oktetia joka on lähettäjän tietyllä algoritmilla laskema luku. Kehyksen vastaanottaja ja lähettäjä laskee tarkistussumman ja tuloksia verrataan keskenään. Mikäli tulokset eroavat, on tapahtunut siirtovirhe ja kehys hylätään. (Mts. 85–87.)

Lähetys- ja vastaanottoprosessi on esitetty kuviossa 14 sivulla 29. Menettelyjen tunteminen auttaa ymmärtämään kehysten siirtymistä siirtotielle ja kuinka kehys vastaanotetaan jaetussa mediassa. (Mts. 90.) Kuvattua tapaa sovelletaan mm. tilanteessa, jossa tiedonkeruujärjestelmä ottaa yhteyttä logiikkaan ja pyytää sitä lähettämään prosessin tiedot. Ennen lähetystä päätelaite kuuntelee onko verkossa hiljaista eli onko verkossa liikennettä. Mikäli tätä ei havaita, niin sanoma lähetetään verkkoon. Ai-

noastaan yksi asema kerrallaan voi lähettää. Kuitenkin voi käydä niin että kaksi asemaa lähettää sanoman samanaikaisesti mikä aiheuttaa *törmäyksen*. Törmäyksen havainnut asema vahvistaa törmäyksen ja asemat arpovat uudet, myöhemmät lähetyksajat itselleen. Verkkoon ei siis voida lähettää uutta dataa ennen kuin vastaanottaja saa lähetyksen perille. Muut asemat odottavat, kunnes verkossa on taas hiljaista. (Mts. 90.)



Kuvio 14. Kehyksen lähetyksen ja vastaanoton eteneminen (Jaakohuhta, 2005, 93–94.)

6 Omron CJ1M

Toimeksiantaja käyttää sovelluksissaan aina mahdollisuuksien mukaan Omronin tuotteita, sillä kilpailijaansa verraten Omronin päivitysversiot toimivat mutkattomammin sen aiempiin versioiden kanssa. Nämä pienet, modulaariset logiikat ovat yhteensopi-

via CJ1G/H- ja CS1 – sarjojen kanssa käskykannan, muistin rakenteen ja kommunikointikomentojen suhteen. (Kuvaus, 2014.)

6.1 Ohjelmoitavat logiikat

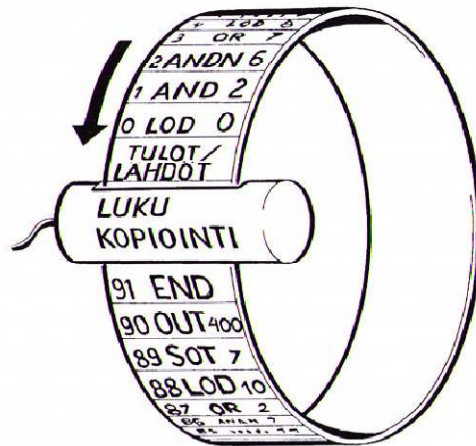
Logiikat voidaan jakaa kiinteällä I/O-määrällä varustetuiksi tai erilaisista moduuleista kokoonpantaviin laitteistoihin. Kiinteillä I/O:illa varustetut logiikat ovat tarkoitettu pieniin ja yksittäisten laitteiden ohjauksiin, jotka ovat modulaarisia logiikoita edullisempia mutta niillä ei ole kenttäväylämahdollisuutta. Modulaarisissa logiikkajärjestelmissä käyttäjä voi valita käyttökohteen mukaan erilaiset I/O- ja kenttäväylämoduulit. Nämä logiikat soveltuvat suuriin ja monimutkaisiin prosesseihin. (Keinänen ym. 2007, 222.)

6.1.1 Perusteet

Kytkentäteknisesti logiikat ovat *PNP*- tai *NPN* – tyyppisiä. Suomessa ja Euroopassa käytetään yleisesti positiivisesti kytkettyjä *PNP*-logiikoita, kun Yhdysvalloissa ja Japanissa suositaan negatiivisesti kytkettyjä *NPN*-logiikoita. Ero näkyy logiikan tuloja kytkettäessä, sillä virran kulkusuunta on tyypeillä päinvastainen. Positiivisesti kytkettävissä logiikan tulo on nimensä mukainen, sillä antureilta saapuva signaali tulee logiikkaan päin. I/O-piirien tyyppi on tärkeä tietää, sillä siihen kytkettävät anturit on valittava kytkentätyypin mukaisesti. (Mts. 222.)

Logiikan tuloihin kytketään järjestelmän tilaa havainnoivat anturit ja kytkimet. Lähtöihin kytketään ohjattavat toimilaitteet, kuten sähkömoottorit, releet, venttiilit ja merkkilamput. Logiikan muistiin luodaan ohjelma, joka valvoo järjestelmän tilaa reaaliaikaisesti. *PLC*-laitteita kutsutaan myös vapaasti ohjelmoitaviksi logiikoiksi, jolla tarkoitetaan ohjelman kirjoitusjärjestyksen vapautta. Toiminnallisesti ohjelman suoritettavat osat voidaan kirjoittaa vapaavalintaisessa järjestyksessä, koska ohjelmaa *skan-*

nataan eli selataan kaiken aikaa: kun tuloehdot täyttyvät, asettuvat ohjelman lähdöt. Logiikka voidaan ohjelmoida tietyin käskyin toimimaan lisäksi sekvenssityyppisesti eli askeltavaksi, jolloin ohjelma suoritetaan hierarkisesti askel askeleelta. Ohjelmasykliä on havainnollistettu kuviossa 15. (Mts. 223.)



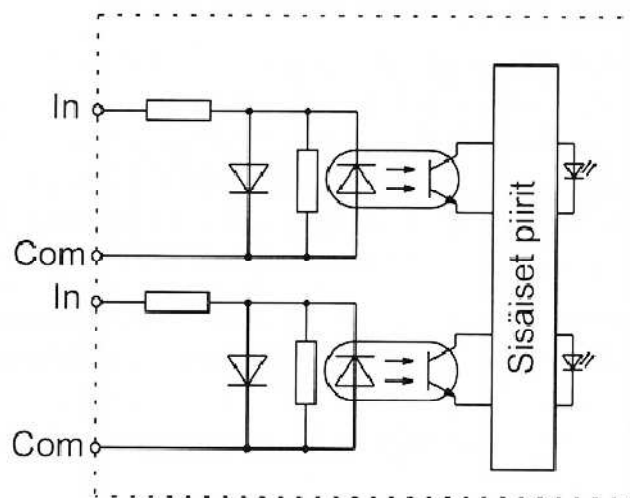
Kuvio 15. Ohjelmasyklin kierto havainnollistettuna (Keinänen ym. 2007, 223.)

Logiikkaan kirjoitetun ohjelman selaaminen tapahtuu PLC-järjestelmässä kiertävästi. Ensimmäiseksi logiikan kaikkien tulojen ja lähtöjen tila luetaan ja tallennetaan keskusyksikön erikoismuistiin, I/O-muistiin. Tämän jälkeen käydään läpi ohjelmamuistin ohjelmarivit järjestyksessä. Tulos käsitellään ja toteutetaan ohjelmajärjestyksen mukaisesti kun ohjelmaa luetaan. PÄÄLLE-/POIS – käskyt toteutetaan vasta kun koko ohjelmakierros END – käskylle on luettu. Kokonaisselausaika eli aika, joka kuluu yhden ohjelmakierroksen menneen aika, riippuu ohjelman pituudesta. Sen suuruusluokka on 0,0005 – 0,1 ms ohjelmariviä kohti. (Mts. 223.)

6.1.2 Laitteisto

Tulopiirit tuovat logiikalle kentältä tulevat signaalit. Signaaleita voi tulla sekä kaksitilaisina binäärisinä tietoina että mittaustilaisina ja pulssitietoisina analogisina mitta-uksina. Piirit ovat eristettyinä logiikan herkästä elektroniikasta optoerotuksella, jolloin viesti ei siirry suoraan kentältä sähköviestinä logiikan käsiteltäväksi. Välitys tapahtuu valodiodin ja fototransistorin muodostaman optoerottimen (ks. kuvio 16) kautta, jota kutsutaan myös *galvaaniseksi erottamiseksi*. (Mts. 225.)

Lähtöpiirit ohjaavat prosessin toimilaitteita, kuten venttiileitä, kontaktoreita ja merkkilamppuja. Lähdöt ovat yleensä rele- tai transistorilähtöjä. Relelähdöillä voidaan ohjata tasasähkön lisäksi 2 A:n vaihtovirtaa (250 VAC). Transistorilähdöt ovat tarkoitettu tasasähkölle, joiden käyttöjännite on yleisesti 24 VDC ja virran voimakkuus yleensä alle 2 A. Triakkilähdöillä voidaan lisäksi ohjata vaihtosähköä virran ollessa pieni. Jos logiikassa on transistorilähtöjä, vaativat ne samanlaisen optoerotuksen kuin tuloilla. (Mts. 225.)



Kuvio 16. Lähtökortin optoerotus (Keinänen ym. 2007, 225.)

Keskusyksikkö eli CPU toteuttaa PLC:lle kirjoitettuja käskyjä. Keskusyksikkö on toteutettu lähes yksinomaan mikroprosessorilla joka puolestaan mahdollistaa myös aritmeettiset laskutoimitukset. Keskusyksikkö vaatii näiden suorittamiseen vähintään

yhden ”akun” eli työmuistin. Lisäksi keskusyksikössä on jonkin verran käyttäjän työmuistina *RAM* – muistia eli luku- ja kirjoitusmuistia. (Mts. 225.)

Ohjelmamuisti tallentaa syötetyn ohjelman, ja siinä on kaikki se tieto, joka vaaditaan automatisoidun laitteiston toimimiseen. Logiikoiden muistikoko ilmoitetaan kirjoitettavien ohjelmarivien lukumäärinä, joiden yksikkö on $1 K = 1024$ käskyä. (Mts. 225.)

Ohjelmointilaite on keskeinen komponentti logiikassa. Sillä luodaan ohjelma, joka siirretään ohjelmamuistiin. Lisäksi sillä voidaan suorittaa ohjelman testaamista ja vianhakutehtäviä. Nykyisin tämän rinnalla käytetään ohjelmointiohjelmistoa, jonka käyttämiseen vaaditaan PC-tietokone ja asiaankuuluvaa liitäntäkaapelia adapterineen. Kommunikointi tapahtuu yleensä tietokoneen RS 232C – portin välityksellä. (Mts. 226.)

Logiikan tehonsyötöllä viitataan joko logiikan sisäiseen tehonsyöttöön tai ulkoisten toimilaitteiden jännitesyöttöön. Logiikan sisäisellä tehonsyötöllä viitataan korttien vaatimaan jännitesyöttöön, joka tavallisesti on sisällytetty keskusyksikköön tai järjestelmän pohjakehikkoon. Ulkoisia liitäntöjä varten tarvitaan jännitelähteet tulo- ja lähtöpiirejä varten. Jännitelähde voi olla erillinen logiikkaan kytkettävä yksikkö tai se on osa logiikkalaitteen kokoonpanoa. Tällöin verkkokaapeli (230 VAC) liitetään syöttöjännitteelle varattuihin liittimiin. Ulkoisten toimilaitteiden vaatimat jännitteet syötetään tavallisesti erillisillä jännitelähteillä. Jännitelähdettä valittaessa tulee ottaa huomioon kuormitettavuus, lähtöpiirien ryhmittely, tarvittavat sulakkeet ja turvallisuusnäkökohdista johtuvat erityisjärjestelyt esimerkiksi hätä-seis – painikkeen vaikutuksesta kappaletavara-automaatiossa. Samassa sähköryhmässä ei tulisi olla raskaita moottorikuormia, sillä toiminnallaan ne saattavat häiritä logiikan toimintaa tai jopa rikkoa ne. (Mts. 226.)

Useimmat valmistajat tuottavat kompakteja yksikkörakenteisia logiikoita, joiden IO-avaruus eli tulojen ja lähtöjen lukumäärä ovat 6/6 tai 8/6 sekä modulaarisia järjestelmälogiikoita, joiden IO-määrää voidaan kasvattaa tarvittaessa. Logiikkaa hankkies-
sa on suositeltavaa huomioida lisäksi ajastimet, laskureiden ja apumuistien määrä. Tärkeä ominaisuus on ko. logiikan valmius toimia yleisesti väyläohjauksessa ja myös yhteensopivuus toimia muiden valmistajien logiikkamerkkien kanssa. (Mts. 226.)

6.2 Robustisuus

Koska prosessi on tuotannossa kriittinen, sen *robustisuus* eli käyttövarmuus on turvattava tilanteessa, jossa *CPU* eli logiikan suoritin kaatuu. Omronin kouluttajan mukaan (Paananen 2014, sähköpostiviesti) tämä toteutetaan käytännössä käyttämällä kahta CPU:ta, jotka molemmat ovat määritelty Mastereiksi mutta toinen näistä on aktiivinen ja toinen stand-by – tilassa ja käynnistyy automaattisesti toisen kaatuessa. Lisäksi I/O-kortit asennetaan Ethernet-pohjaiseen, nopeamman automaatioväylätekniikan ProfiNettiin ja käytetään rengasverkkoa, joka toteutetaan logiikan rakenteella.

6.3 CJ1M-CPU13

CJ1M – tuoteperheen CPU:ista parhaiten prosessin vaatimuksia palvelee CPU13, joka sallii maksimissaan 20 yksikköä ja yhden räkkilaajennuksen. Kevyemmät logiikat CPU11 ja CPU12 sallivat maksimissaan 10 yksikköä mutta ne eivät salli räkkilaajennuksia ja CPU2x – mallit ovat räätälöity pulssiohjauksiin asianmukaisine laskureineen ja ovat varusteltu integroiduilla eli sisäänrakennetuilla I/O:illa.

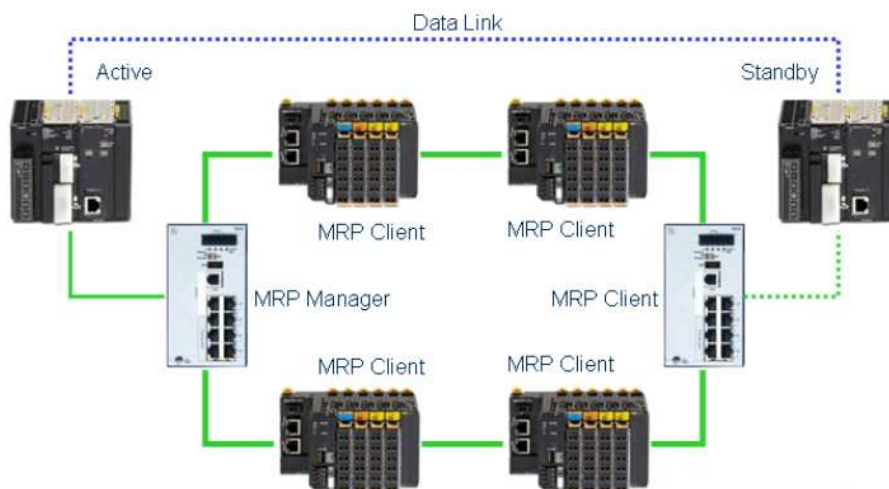
6.4 GRT1-DRT

Kuviossa 17 sivulla 35 on esitetty I/O-korttien yksikkö, jossa on mm. kommunikointiväylä, jännitteensyöttö korttien sisäisten piirien toimintaan sekä itse yksikön toimintaan, neljä SmartSlice – korttia sekä päätylevy. Yksikköön voidaan liittää maksimissaan 64 korttia ja yksiköitä voidaan linkittää toisiinsa käyttökohteen mukaan erillisiä kortteja ja kaapelointia käyttämällä. GRT1-DRT – yksikkö kommunikoi CPU:lle CJ1W-PNT21 I/O – kontrollerin välityksellä tavallista CAT 5e – Ethernet-kaapelia käyttäen (Omron 2009, 5.). Liitteessä 2 on lueteltu prosessiin valitut kortit.



Kuvio 17. GRT1-DRT – yksikkö (Omron, 2009, 1.)

Nykyisenlaiseen ratkaisuun päädyttiin, jotta höyrykeittimen toiminta ja edelleen vane-
rintuotanto ei häiriintyisi CPU:n kaatuessa. Väylän kautta prosessin tila näkyy kum-
mallekin CPU:lle, mutta vain toinen prosessoi dataa. GRT1-DRT:n sisään on rakennet-
tu MRP Client – kytkin, joka vaaditaan CJ1W-PNT – kontrollerin MRP Managerin
kanssa kommunikointiin. Datan kulkeminen ja yksiköiden kytkentä on selvennetty
kuviossa 18, josta poiketen käytetään yhtä GRT1-DRT – yksikköä ja yhtä MRP Mana-
geria.



Kuvio 18. Tiedon välitys ja kytkeytyminen (Omron, 2009, 9.)

6.5 Westermo SDI-550

Omron käyttää sovellustensa rinnalla erillistä WES SDI-550 viisiporttista Ethernet-kytkintä muun muassa tapauksissa, joissa käytetään kosketusnäyttöjä. Kosketusnäyttö kytketään verkkokaapelin kautta kytkimeen ja edelleen ETN-korttiin.

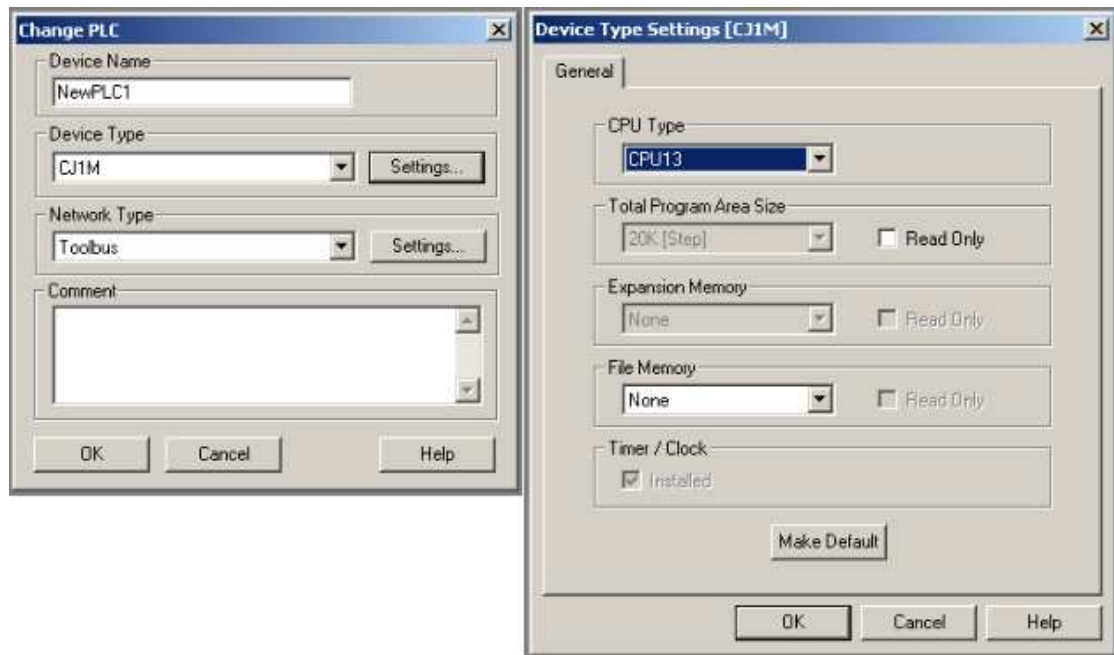
6.6 CJ1W-ETN21

Logiikka vaatii Ethernet – yksikön kommunikoidakseen verkkoon päin. Yksikköön on liitetty kytkin joka yhdistää kosketusnäyttöpaneelin logiikkaan. Yksikkö liittää logiikan tehtaan tiedonkeruujärjestelmään.

6.7 POWER

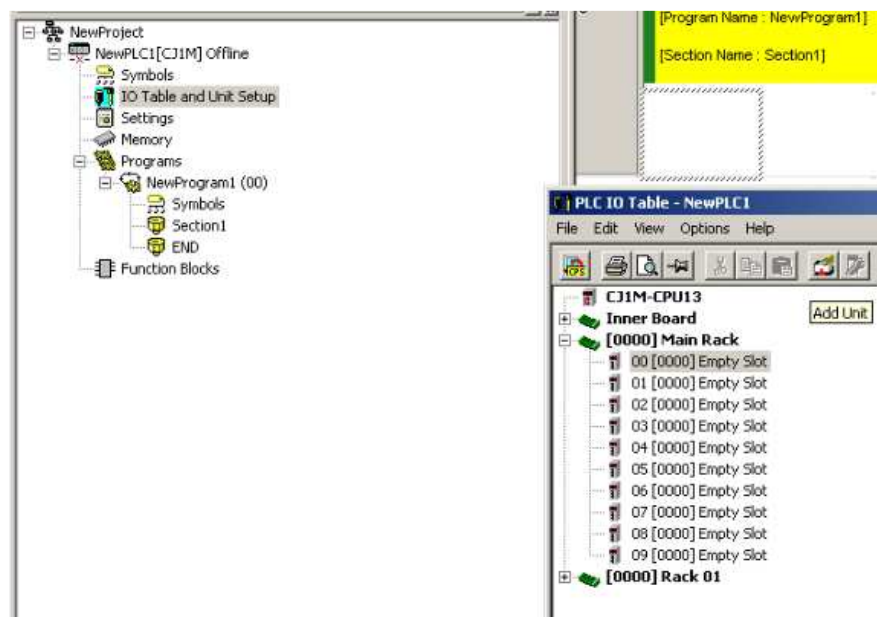
Logiikkaa syöttävä virtalähde määritellään Omronin CX-Programmer – työkalun avulla. *IO table* – editorilla lasketaan räkin leveys sekä virrankulutus. Tähän vaaditaan, että käytettävät kortit ovat valittu.

Kuviossa 19 sivulla 37 on esitelty tilanne, jossa luodaan uusi projekti valitsemalla *New Project* – ikoni. Valitaan alavetovalikosta käytettävä logiikka ja valitaan *Settings* – asetusta käyttämällä käytettävä CPU. *Network Type*:ksi valitaan Ethernet. Hyväksytään tehdyt muutokset.



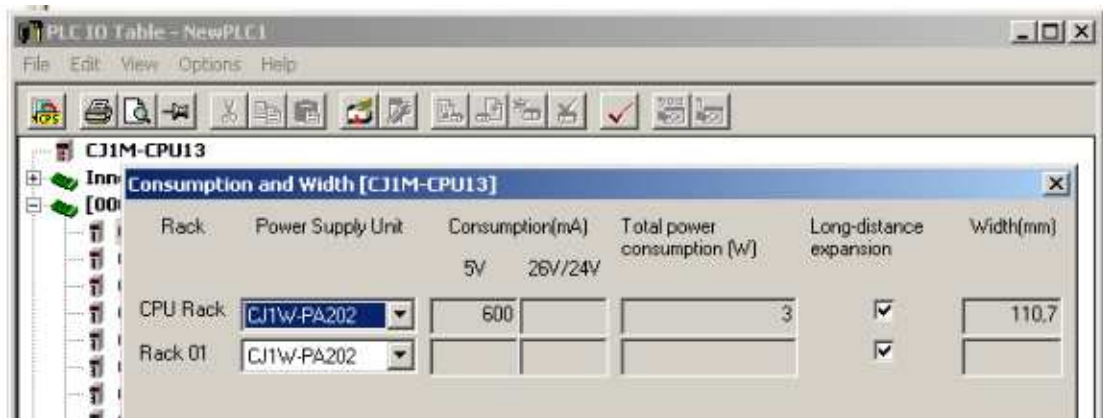
Kuvio 19. Logiikan ja CPU:n määrittely

Tuplaklikkaamalla *IO Table and Setup* – kohtaa avautuu kuvion 20 mukainen näkymä. Joko tuplaklikkaamalla *Empty Slot*:ia tai valitsemalla *Add Unit* saadaan ikkuna, josta voidaan valita käytettävillä saatavia yksiköitä.



Kuvio 20. PLC IO Table – valintaikkuna

Valitettavasti koulun versio ei tukenut GRT1 – moduulia eikä kahdennettua CPU:ta eikä ETN21 – yksikköä lukuun ottamatta muitakaan käytettäviä yksiköitä, joten virtayksikön valinta tehdään tilausta tehdessä toimittajan toimesta. Kuviossa 21 on esitetty viitteellisesti virran ja rakin leveyden määrittely, joka saadaan esille *Options – Consumption and Width* ja valitsemalla käytetyt yksiköt. (CX-Programmer, 266.)



Kuvio 21. Consumption and Width – ikkuna

6.8 Kosketusnäyttö NS12

Käyttöliittymäksi toivottiin Omronin kosketusnäytöistä 10-tuumaista NS10 – mallia tai 12-tuumaista NS12 – mallia. Ominaisuuksiltaan kosketusnäytöt ovat samanlaisia, mutta kokonsa puolesta NS12 – malli soveltuu kohteeseen paremmin. Kosketusnäytöllä on mahdollista ohjelmoida asianomaista logiikkaa ja muuttaa yksiköiden asetuksia ilman tietokonetta tai ohjelmointiohjelmaa (NS-käyttöpäätteet 2010, 7).

Kosketusnäyttö tahdottiin Slave – toimiseksi eikä yhdenvertaiseksi Masteriksi yhdessä logiikan kanssa. Tällä vältytään siltä, että keskenään yhdenvertaiset datojen käsitelijät kilpailisivat keskenään, ja kosketusnäytön vikaantuessa ei vaaranneta prosessin toimintaa. Kosketusnäytön tehtävänä näin ollen on vain toimia prosessin tilan ja hälytyskoodien visualisoinnin välineenä, ohjelmointi tehdään perinteisesti tietokoneen välityksellä.

7 Logiikkasuunnittelu

Kaapin suunnittelu aloitettiin kartoittamalla prosessin laitteet. Prosessi käytiin läpi *PI*- eli putki- ja instrumentointikaavion mukaan ja seurattiin putkistoja kunnes kaikki kaavion venttiilit ja mittausten sijainnit saatiin selville. Tämän jälkeen olemassa olevilla dokumenteilla selvitettiin antureiden, lähettimien, asennoittimien, toimilaitteiden ja venttiileiden tyytit. Näistä oleellisemmat logiikkasuunnittelussa ovat lähettimet ja asennoittimet niiden sähköisten ja pneumaattisten kytkentöjen vuoksi.

Lähettimiä on kahta erityyppistä, *aktiivisia* ja *passiivisia*. Passiiviset lähettimet ottavat käyttöjännitteensä instrumenttikaapeleiden kautta ja aktiiviset vaativat ulkoisen jännitesyötön, mikä osaltaan monimutkaistaa kaapelointia.

Laitteiden kartoitusten jälkeen luotiin I/O-lista, joista selvisi tarvittavien analogia- ja digitaalitulojen ja -lähtöjen määrät. Tarvittavien tulo- ja lähtömäärien selvityksen helpottamiseksi instrumentointikaapelit on hyvä selvittää ja luoda johdotuskaavio eli kaavio, josta selviää mitkä tulo- ja lähtötiedot kulkevat, kun ne riviliittimille on niin sanotusti kammattu auki. Tämän helpottaa huomattavasti tarvittavien yksiköiden lukumäärien selvittämisessä.

Tarvittavien korttien selvityksen jälkeen perehdyttiin Omronin GRT1-DRT – moduuliyksikköön sekä sen SmartSlice – kortteihin. Kaappisuunnittelua tehdessä huomioitiin korttien vaatimukset muun muassa jännitesyötön osalta, sillä esimerkiksi OD8-1 – digitaalitulokortit vaativat omat PC8 – jännitejakokorttinsa sisäisten loogisten toimienpiteidensä mahdollistamiseksi.

8 Kaappisuunnittelu

Toimeksiantaja tahtoi säilyttää pumppujen mekaaniset kytkimet käsiajo- ja ajovalintatarkoituksiin. Sivulla 24 olevan kuvion 10 ensimmäisen rivin kaksi viimeistä kytkintä korvataan Autom-0-Käs-St – kytkimillä. Kaikkien kytkinten toiminta halutaan muuttaa siten, että automaattiasento tarkoittaisi logiikkaohjausta. Tämä muutos vaatii tiettyjä toimenpiteitä kytkinten kaapeloinnissa ja erityisesti pumppujen ohjauspiireissä. Liitteessä 3 on esitetty esimerkinomaisesti vaadittava kaapelointityö, joka mahdollistaa logiikkaohjauksen kytkimeltä. 230 VAC – releen 24 VDC – kosketin välittää digitaalitulokorttiin tiedon, että valitun pumpun logiikka- eli automaattiajo on valittu. Vastavasti logiikan digitaaliähtökortti ohjaa 24 VDC – releen 230 VAC vaihtokosketinta joka lisätään pumppujen nykyisiin ohjauspiireihin. Releet voidaan asentaa kaappiin, jossa nykyiset nokkakytkimet ovat. Tällä vältetään 230 VAC vienti logiikkakaappiin, jossa tätä jännitetasoa ei tarvita. Prosessissa on käytetty 24 VDC/230 VAC – releitä muun muassa pumppujen ohjauspiirissä. 230 VAC/24 VDC – releitä on prosessissa käytetty muun muassa pumppujen käyntitietojen valojen kytkemiseen ja näitä kyseisiä komponentteja voidaan hyödyntää ohjauspiirimuutoksissa. Mainittujen releiden kaapelointiin voidaan käyttää JAMAK – runkokaapelia kaappien väliseen kaapelivetoon, jossa on niin johdinparin, johtimen kuin kaapelin häiriösuoja tai vaihtoehtoisesti NOMAK – runkokaapelia, jossa kaapelin häiriösuojana on vain muovipäällystetty alumiininauha ja tinattu kuparinen maadoitusjohdin.

Pinnankorkeuden jatkuvalla mittauksella on oma yksikkönsä, johon on integroitu 230 VAC jännitesyöttö signaalin käsittelyyn, 24 VDC jännitesyöttö anturin toimintaan ja 4...20 mA – virtaviesti tiedon siirtoon. 24 VDC jännitesyöttö tulee järjestelmän piirikortilta, jolla voidaan asettaa pinnankorkeuden asetusarvoja voimalaitokselta. Pinnankorkeuksia ei indikoida höyrykeittiöllä vaan ainoastaan voimalaitoksen valvomossa voimalaitoksen oman logiikan analogiatulokortin kautta, joten tällä ei ole vaikutusta kaappisuunnittelussa.

Höyrykeittiön yhteydessä toimii pieni, itsenäinen kiertovesilämmitysprosessi, joka toimii seinällä olevien säätimien varassa. Säätimelle tuodaan vesikiertonsa kaksi läm-

pötilamittausta joita verrataan ulkolämpötilaan. Säädin säätää venttiiliyksikköään aseteltujen parametrien perusteella. Halutessaan toimeksiantaja voi poistaa säätimet käytöstä, mutta yksiköt vaativat tällöin uudet kaapelivedot kaapille ja korttilisäyksiä GRT1-DRT – moduulille. Yksiköt pysyvät toiminnassa sellaisinaan, kunhan huolehditaan niiden vaatimista 24 VDC jännitesyötöistä. Tämä on huomioitu riviliitinsuunnittelussa.

Riviliitinten ryhmittelyssä kiinnitettiin huomiota signaaleiden kulkemiseen, analogiset ja digitaaliset tulot ja lähdöt omina ja jännitteiden syötöt omina ryhminään. Voimalaitoksen valvomon höyryprosessin tilan indikoinneille on varattu oma riviliitinryhmänsä kuten liitteestä 1 käy ilmi, sillä nykyisen dokumentoinnin perusteella on vaikea selvittää näiden analogiaviestien liitäntäpisteet mikä jää voimalaitoksen ja toimeksiantajan selvitettäväksi. Ethernet – tekniikalla kyseenomainen analoginen kaapeliveto on turha, sillä mittaustiedot ovat saatavilla väylätekniikan välityksellä. Tämä kuitenkin vaatisi uutta kaapelivetoa höyrykeittiöltä voimalaitokselle, mikä on turha investointi nykyisen kaapeloinnin hyödyntämisen ja yksinkertaisuuden valossa.

Asennustilaa jätettiin reilusti eli noin viisi senttimetriä kaapelikourun ja johdotettavan kohteen välille. Näin johdotuksesta saadaan siisti ja selkeä sekä lämpöä tuottaville komponenteille mahdollistetaan riittävä ilmankierto.

Kaapelit tuodaan kaappiin normaaleista käytänteistä poiketen yläkautta. Tämä altistaa läpiviennit likaisuudelle mutta tämä on estettävissä kunnollisilla nipoilla. Nykyinen kaapelointi tuodaan myös yläkautta joten luontevaa on tuoda kaapelit myös yläkautta kaapille. Lisäksi reitin muuttaminen toisi kaapelille ylimääräistä vetoa jota ei ole nykyisen kaapeloinnin puitteissa mahdollista toteuttaa.

Paineilmajakotukki sijoitetaan poikkeuksellisesti kaapin sisälle. Tämä johtuu siitä, että monikaapeleiden signaali-kaapelit tuodaan kaapin riviliittimille ja on syytä pitää myös paineilmaletkut kaapissa. Paineilmajakotukille ja sen tarvikkeille, kuten suunta-venttiileille, on varattu kaapin alaosaan reilusti tilaa eli 70 senttimetriä, mikä vastaa paineilmajakotukin ja sen oheislaitteiden nykyistä viemää tilaa.

Kaapiksi valikoitui Rittalin järjestelmäkaappi AE 1114.500. Kaksiovinen, 97 kiloa painava kaappi asennetaan lattia-asennuksena. Kaappi on fyysisiltä mitoiltaan 1,0 met-

9 Signaalin kahdentaminen

Kohteen signaalin kahdentaminen käy varsin yksinkertaisesti virtaviestien ansiosta. Runkokaapeli voidaan kammata suoraan olemassa olevan kaapin liittimiin, joihin virtaviestit tulevat ja asennoittimien lähdöt lähtevät. Runkokaapelin toinen pää puolestaan vedetään logiikan kaappiin liittimille, jotka edelleen tuodaan logiikan tulo- ja lähtökorteille. Koska tällä lyhyellä kaapelointivedolla ei ole signaalia häiritseviä tekijöitä, voidaan väliaikainen kaapeliveto toteuttaa NOMAK – instrumentointikaapelilla.

10 Havaitut epäkohdat

Täysin epäkohdaksi ei voida laskea havaintoa, joka kävi ilmi jo varhaisessa vaiheessa. Edes suurimmilla pumpuilla ei ole minkäänlaista pehmo- tai muunlaista pehmeällä tavalla toimivaa käynnistintä, ainoastaan kytkennällinen tähti-kolmio käynnistin. Ilman rampitettua käynnistystä putkistoon kohdistuvat paineiskut saattavat olla suuria, ja suuri käynnistysvirta aiheuttaa käynnistyksessä jännitteen aleneman sekä suuren momenttipiikin. Prosessiin kohdistuvat havainnot on huomioitu prosessin suunnittelussa muun muassa putkikokoihin ja pumppujen tuottamiin nosteisiin keskittymällä.

Nykyisenmallisesta kaapelointiratkaisusta voisi puhua jo ongelmana. Vuonna 1995 ei osattu ottaa totena kaapeleiden häiriöalttiutta ja eri jännitetasojen erottamista toisistaan. Nykyinen tilanne on, että samalla 30 cm:n alumiinitikashyllyllä on 75 kW:n pumppujen 400 VAC MCMK-syöttökaapelit, 230 VAC MMJ-kaapelit, monikaapelit ja 20 mA instrumentointikaapelit. Suuret vaihtovirtajännitteet tuottavat häiriöjännitteitä ympärilleen jotka indusoituvat alemman jännitetason kaapeleihin. Ilmiötä pyritään kompensoimaan kaapelointien häiriösuojilla. Kuitenkin syntyneistä jännitteistä puhu-

taan jo niin suurina, että se vaikuttaa kaapin *TE*- eli häiriösuojamaadoituskiskoon ja mahdollisesti edelleen sähköpiirin suojauksiin. Suositeltavaa olisi ensisijaisesti harkita jo pelkästään MCMK-kaapeleiden uutta vetoa. Tämä tulee tuottamaan päänvaivaa, sillä esimerkiksi lattian kautta kaapelointi on äärimmäisen haastavaa, koska lattialla on jatkuvasti vettä ja seinäasennus ei tule kyseeseen putkistojen paksujen eristysten vuoksi.

Tikashyllyille on säilötty myös paljon sinne kuulumatonta tavaraa. Kupariputket, vanhat tuotannossa käytetyt keksit ja irralliset kaapelivyyhteet tuottavat tarpeetonta häiriötä ja estävät lämmön johtumista hyllyltä lämpimässä ympäristössä. Lisäksi instrumenttikaappiin tuodut JAMAK- ja NOMAK – kaapeleiden häiriösuojat kammattiin parikaapelin kanssa viereiseen riviliittimeen, josta se ei päätynyt *TE*-kiskoon vaan häiriösuoja päättyi ko. riviliittimeen. Kaapissa ei edes ole nykyisin vaadittavaa *PE*- eli suojamaadoituskiskoa.

Suurimmaksi esteeksi ja haasteeksi opinnäytetyöstä muodostui erittäin puutteelliset dokumentoinnit. Instrumenttikaapeloinnissa dokumentit olivat suuntaa antavia ja varmimman tiedon sai ainoastaan kaapeleita seuraamalla. Jo automaation projektityössä kävi ilmi, ettei olemassa oleviin dokumentteihin ole luottamista, sillä kahdeksankymmentä prosenttisesti olemassa olevat dokumentit olivat esisuunnittelumateriaaleja ja tarjouksia. Prosessin laitteiden dokumentit olivat työläitä etsiä, sillä osa vanhoista komponenteista on korvattu toisella tyyppillä ja nimellä, tai ne olivat yksinkertaisesti niin vanhoja, että datalehtiä oli haastavaa löytää.

11 Pohdinta

Opinnäytetyölle asetettiin tavoitteeksi suunnitella ja valita logiikkakokoonpano, jolla ensisijaisesti saadaan prosessin data tehtaan tiedonkeruujärjestelmään. Logiikan kokoonpanolle asetettiin lisäksi ehto, että sen on kyettävä tulevaisuudessa myös ohjaamaan höyrykeittiötä. Toimeksiantajalta ohjeistettiin käytettäväksi laitteistoksi

Omronin CJ1M – tuoteperhettä. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella signaalin kahdentaminen nykyisiltä yksikkösäätimiltä logiikalle sekä suunnitella logiikkakaapin lay-out.

Työn tulokset saavutettiin pääasiassa hyvin. Toimeksiantajalle jää joitain selvitystöitä prosessin ohjauksista, esimerkiksi miten pinnankorkeuksien säätö on tällä hetkellä toteutettu ja kuinka ohjaustapamuutos vaikuttaa logiikan korttivalintoihin, sillä voimalaitoksen oma järjestelmä asettaa pinnankorkeudelle rajat joiden mukaan prosessin yksikkösäätimet säätävät säätöventtiileiden aukeamaa. Lisäksi yhden venttiilin ohjaukset on aikoinaan siirretty koivutehtaan höyrykeittiöön, sillä venttiiliä käyttävä kuivaaja sijaitsee koivutehtaalla. Kuitenkin instrumentointikaapissa ovat edelleen niin kyseenomaisen kuivaajan lämpötilasäädöt kuin asianomaiset kaapeloinnit ja mittaukset. Lisäksi voimalaitoksen valvomoon tuotujen indikointien kaapelointi tulee selvittää, sillä se oli mahdotonta tehdä puutteellisen johdotuskaavion kanssa edes kaapeleita seuraamalla. Myös logiikan vaatima virransyöttö tulee selvittää tilausta tehdessä toimittajalta.

Mainituista puutteista huolimatta saatuja tuloksia voidaan pitää toteuttamiskelpoisina asiantuntijalta saadun ohjauksen pohjalta. Suunnittelussa pyrittiin huomioimaan järkevä ja looginen lay-out sekä prosessin vaatimukset huomioiden sopiva logiikka Ethernet – kommunikointiyhteyksineen. Kohteessa onnistuttiin hyödyntämään annettua Omronin CJ1M – tuoteperhettä, josta arvelen toimeksiantajan olevan tyytyväinen. Opinnäytetyössä jouduttiin hieman laajentamaan aihealuetta pumppujen ohjauspiireihin ja niiden vaatimiin muutoksiin ja kuinka ne vaikuttavat kaapin muun muassa lay-out:iin ja korttisuunnitteluun. Koska tuloksien saavuttamiseen vaadittiin monien eri asioiden huomiointia, voidaan tuloksia pitää kokonaisvaltaisina ja kattavina. Edellä mainituille selvitystarpeille on varattu tilaa muun muassa varaamalla rivi-liittimiä ja GRT-DRT – yksikköä voidaan laajentaa vielä useiden kymmenien korttien mitalla, ja siihen vaadittavaa tilaa leveyssuunnassa on riittävästi, sillä kaappi on leveydeltään noin 20 senttimetriä mitoitettua leveämpi.

12 Loppusanat

Pidin työstä erityisen paljon. Pieni prosessi kiteytti hyvin sen mistä koulussa on käyty läpi ja käsitteli laajasti usean opintojakson teemoja. Uskon että projekti tulee olemaan tulevaisuudessa työnhauissa positiivinen tekijä, sillä vanhojen järjestelmien uusiminen on pitkälti nykyhetkeä ja kasvava trendi.

Mielenkiintoisen työstä teki se, että yhdeksäntoista vuotta sitten asioita on ajateltu hyvin eri tavalla kuin nykyään. Osaltaan tämä toi myös haastavuutta, mutta tuloksia tarkastellessa työ on vaatinut paljon, mutta on myös ammatillisesti antanutkin.

Opinnäytetyö vaati paljon datalehtien lukemista sekä oleellisten tietojen hankintaa, mikä ei käynyt aina yksinkertaisesti. Kiitosta suon sille että materiaalia oli koottu höyryverkon laajennuksen alkuajoilta paljon mutta päivitettyä materiaalia sai etsiä pitkään, ja useimmiten turhaan. Niinpä luotettavin tieto löytyi prosessia silmäilemällä ja kaapeleita seuraamalla. Turhauttavin puute oli johdotuskaapeleiden piirustuskaavioiden epäluotettavuus, kun aihetta oli etsiä tietoja pinnankorkeuksien rajatietojen toiminnasta. Tämä aiheutti ylimääräistä ja turhaa päänvaivaa. Korttityypit kokivat opinnäytetyön edetessä muutoksen, kun robustisuuden toteuttamiseksi kortit täytyi vaihtaa väyläkommunikointityypisiksi.

Lähteet

CX-Programmer. 2007. Omronin CX-Programmer Operation – käsikirja. Viitattu 15.5.2014.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/software/configuration/cx-one/cx-programmer.html

Datalehti. n. d. Krohnen pinnankorkeusmittarin datalehti. Viitattu 17.5.2014.

Datalehti. 1987. Fisherin toimilaitteen 667 datalehti. Viitattu 18.5.2014.

<http://legacy.library.ucsf.edu/tid/dhp63e00/pdf>

Datalehti. 1993. DAMATROL MC100 – yksikkösäätimen datalehti. Viitattu 19.5.2014.

http://www.satron.com/documents/key20140519110510/Satron/Products/Controllers/MC100_CC850.pdf

Datalehti. 2008. ARI-FABA sulkuventtiilin 35.046 datalehti. Viitattu 18.5.2014.

http://www.cpinc.com/ARI/ARI-FABA_Long_Life_LA_040001-2.pdf

Datalehti. 2009. Omron GRT1-DRT – yksikön datalehti. Viitattu 1.6.2014.

http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/grt1-drt_ca_csm2147.pdf

Datalehti. 2012. Fisherin toimilaitteen 1250R datalehti. Viitattu 18.5.2014.

<http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public/documents/bulletins/d100087x012.pdf>

IP-luokitus. n.d. taloon.com selvitys IP-luokituksen koodeista. Viitattu 2.6.2014.

http://www.taloon.com/info/tietoa_rakentajalle/ip-arvot

Jaakohuhta, H. 2005. Lähiverkot – Ethernet. 4. uud. p. Helsinki: Edita Prima. Viitattu 15.5.2014.

Keinänen T., Kärkkäinen P., Lähetkangas M., Sumujärvi M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. WSOY Oppimateriaalit. Viitattu 17.5.2014.

Koulutusmateriaali. 2009. Omronin koulutusmateriaali ProfiNet:n ja CX-Configuration luomiseksi. Viitattu 1.6.2014.

Kuvaus. 2014. Omron CJ1M – tuotekuvaus. Viitattu 2.6.2014.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj1m/default.html

Metsä Group. 2013. Konsernin rakenne ja tunnusluvut. Viitattu 2.6.2014.

<http://www.metsagroup.fi/Metsagroup/Pages/Default.aspx>

Metsä Group Suolahti. 2012. Toimeksiantajan perehdytysmateriaali. Viitattu 15.5.2014.

Metsä Wood. 2013. Metsä Woodin logo. Viitattu 2.6.2014.

<http://www.metsawood.com/fi#.U4yRFyjm46o>

Mäkinen M., Kallio R., Tantarimäki R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Keuruu: Otava. Viitattu 17.5.2014.

NS-Käyttöpäätteet. 2010. Omronin kosketusnäyttöpaneelien esite. Viitattu 15.5.2014.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/hmi/scalable_hmi/ns12/default.html

Paavola, J. 2014. Neuvoja Omron – tuotteiden valintaan. Sähköpostiviesti.

Rittal. n.d. Rittalin AE 1114.500 tuotekuvaus. Viitattu 2.6.2014.

<http://www.rittal.com/fi-fi/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1/PRO0023SCHRANK1&productID=1114500>

Liitteet

Liite 1. Riviliitinjohdotuskaavio

